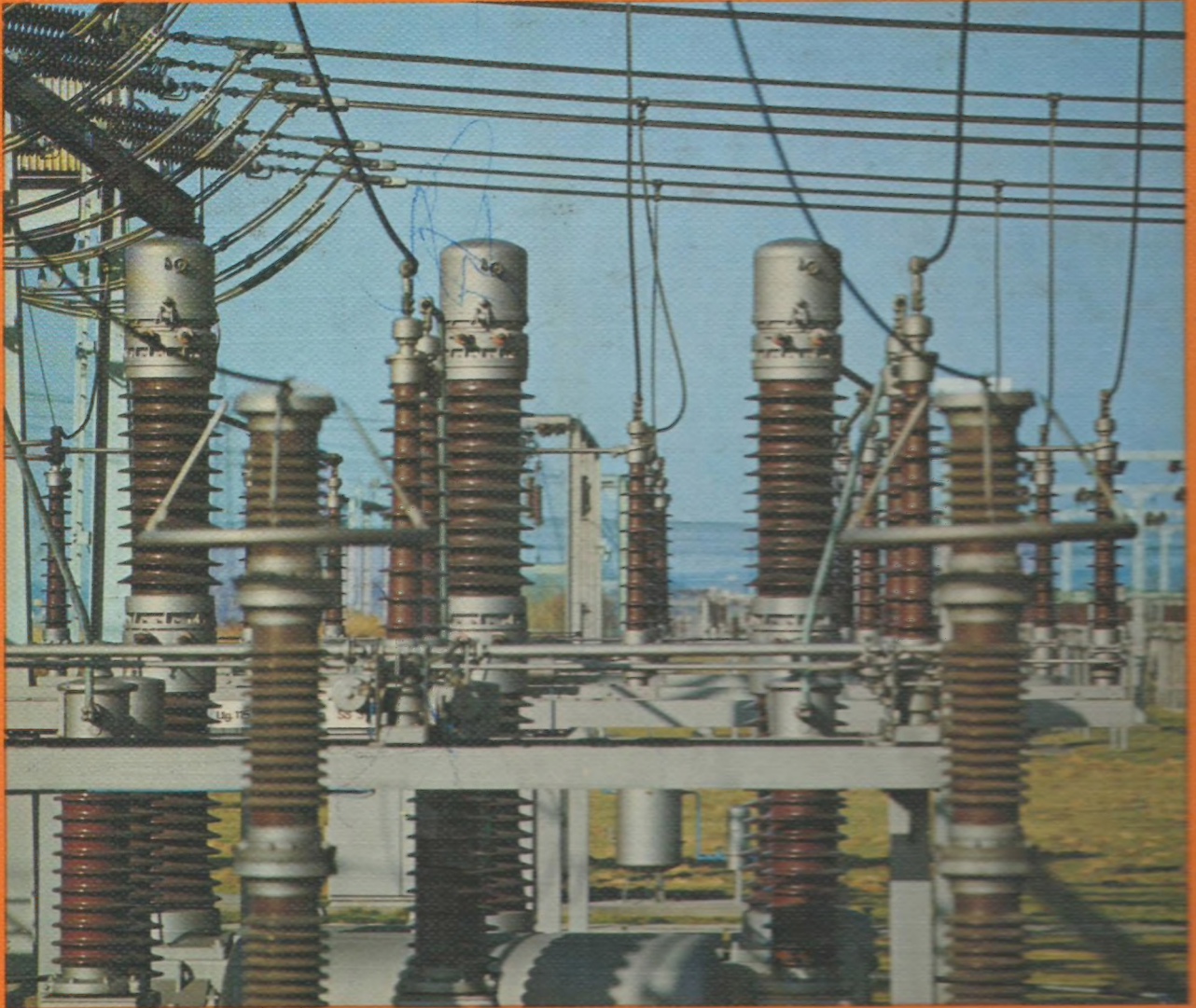


المملكة العربية السعودية
وزارة المعارف
الإدارة العامة للتعليم الفني

الحساب الفني للكهرباء

لمدارس المهنيّة الثانويّة



الصف الأول
والثاني والثالث

قررت وزارة المعارف تدريب هذا الكتاب وطبعه على نفقتها

المملكة العربية السعودية  وزارة المعارف
الإدارة العامة للتعليم الفني

الحساب الفني للكهرباء

شرح - وتحليل - وتمارين

للمدارس المهنية الثانوية
الصف الأول والثاني والثالث

تأليف
هيرمان كراتو وچان رولف ريرينك

طبع على نفقة وزارة المعارف - يوزع مجاناً ولا يباع

الحساب الفني للكهرباء

الحمد لله الذي تتم بنعمه

الصالحات تم نسخ الكتاب اسكن

نسألكم الدعاء لي ولوالدي بظهر

بظهر الغيب

اخوكم في الله أبو عبد الله

عبد المهيمن فوزي

1st Arabic Edition 1979
ISBN 3-88301-006-5

© For the Kingdom of Saudi Arabia as well as for the other countries of the Arabian Peninsula exclusively by:

The Ministry of Education
of the Kingdom of Saudi Arabia

© For all other countries jointly by:
- The Ministry of Education
of the Kingdom of Saudi Arabia

- Ernst Klett Verlag,
Stuttgart / Federal Republic of Germany

- Interpart,
Stuttgart / Federal Republic of Germany

All rights reserved. No portion of the book may be reproduced in any form without written permission of the copyright holders.

Title of the original German edition:
«Fachrechnen für Elektroberufe»

10th edition

Copyright 1971: Ernst Klett Verlag,
Stuttgart / Federal Republic of Germany

Translation and Production:
Interpart, Stuttgart / Federal Republic of Germany

By order of the Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH — German Agency for Technical Cooperation, Ltd. (GTZ) — within the scope of the technical co-operation between the Kingdom of Saudi Arabia and the Federal Republic of Germany.

Typeset and printed in the Federal Republic of Germany

الطبعة الأولى باللغة العربية ١٩٧٩

ISBN 3-88301-006-5

© حقوق الطبع باللغة العربية في المملكة العربية السعودية وفي جميع دول الجزيرة العربية محفوظة لوزارة المعارف السعودية

© حقوق الطبع باللغة العربية في جميع دول العالم الأخرى محفوظة لكل من:

- وزارة المعارف بالمملكة العربية السعودية

- دار النشر «إرنست كليت»

شتوتغارت - جمهورية ألمانيا الاتحادية

- إنترپارت

شتوتغارت - جمهورية ألمانيا الاتحادية

لا يجوز إنتاج أي جزء من هذا الكتاب، على أي شكل من الأشكال دون الحصول على تصريح كتابي من أصحاب حقوق الطبع.

عنوان الطبعة الأصلية باللغة الألمانية:

«Fachrechnen für Elektroberufe»

الطبعة العاشرة

حقوق الطبع لعام ١٩٧١: محفوظة لدار النشر «إرنست كليت» شتوتغارت

قام بالترجمة والإنتاج

إنترپارت - شتوتغارت - جمهورية ألمانيا الاتحادية بتكليف من الهيئة الألمانية للتعاون الفني - هيئة ذات مسؤولية محدودة

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

في إطار التعاون الفني بين المملكة العربية السعودية وجمهورية ألمانيا الاتحادية.

تم التجميع والطبع في جمهورية ألمانيا الاتحادية

مقدمة

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

أَقْرَأُ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ ﴿١﴾ خَلَقَ الْإِنْسَانَ
مِنْ عَلَقٍ ﴿٢﴾ أَقْرَأُ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ ﴿٣﴾ الَّذِي عَلَّمَ
بِالْقَلَمِ ﴿٤﴾ عَلَّمَ الْإِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ ﴿٥﴾

صدق الله العظيم

أخي الطالب ،
انك يا أخي أهم ثروة يملكها الوطن الغالي ، فلا الثروة البترولية ولا الثروة المعدنية
تضمن لنا التقدم والازدهار ، فكلها زائل طال الزمن أو قصر ، ولكن تمسكك يا أخي
الطالب بعقيدتك الإسلامية ومبادئ دينك الحنيف وحضارتك العريقة وبالعلم
النافع ، ومعرفتك بالتكنولوجيا الحديثة واستفادتك الكاملة من التقدم التقني ، هذه
جميعها بعون الله وقوته تضمن لنا التقدم والازدهار والمنعة .

لهذا فإنه يسعدني أن أقدم لك هدية وزارة المعارف :

الحساب الفني للكهرباء

للمدارس المهنية الثانوية

والله من وراء القصد ... وهو ولي التوفيق ، ، ،

مدير عام التعليم الفني

محمد حسن

الدكتور المهندس / محمد حامد المطبقاني

«بسم الله الرحمن الرحيم»

تقديم في الكتاب

تحتل الطاقة الكهربائية اليوم مركزاً رئيسياً في حياتنا اليومية. فقد أصبحت من الضروريات الأساسية لحياتنا المنزلية، كما هي عماد سير دولاب العمل في المصانع والإدارات، وبواسطتها نخترق حجاب الظلام ليلاً بالأضواء في معظم الأماكن التي تدب فيها الحياة البشرية. إن الكهرباء اليوم لدعامة أساسية لا يمكن أن نتصور اضطراب حياتنا اليوم بدونها.

ويتوقف استخدام الطاقة الكهربائية على وجه العموم على عمليات حسابية مختلفة، مبنية على قواعد وأساليب علمية تبحث في مجالات الاستخدام المختلفة. فمنها حساب الجهد والتيار والمقاومة والقدرة والطاقة والكفاءة وغيرها، حتى يمكن التحكم في الانتفاع بهذه الطاقة الكهربائية وتجنب حدوث الأعطال والأخطار، على أكمل وجه.

وللوصول إلى التحقيق الأمثل لأهداف استخدام الطاقة الكهربائية، رُتّب تسلسل الموضوعات التي يبحثها الكتاب كي يقدمها للطالب والقارئ والفني واضحة مفسّرة، مستهلاً بمراجعة للمبادئ الأساسية العامة للحساب. ثم ينتقل إلى المرحلة البنائية الأولى في الحساب الفني للكهرباء، تليها المرحلة البنائية الثانية. وتضم هاتان المرحلتان القواعد والنظم الأساسية للحساب الفني للعوامل الفنية التي تشملها الكهرباء وطرق تطبيقها في الحياة العملية، مما يهدف إلى راحة الإنسان ورفاهيته، إلى جانب أمثلة لنواحي التطبيق المختلفة تتبعها مسائل وتمارين لتضمن وتؤكد فهم واستيعاب هذه العوامل وطرق تطبيقها. ويختتم الكتاب مراحله بالمرحلة التخصصية، هذه التي تتركز في دراسة حسابية للأغاط والوسائل والأجهزة المختلفة التي يستفاد بواسطتها من الطاقة الكهربائية.

ونظراً لأن هذا الكتاب يستند على أحدث المواصفات القياسية DIN، فقد اتفق على ترك الرموز غير المصنفة في النظام الدولي SI كما هي واردة بأصل الكتاب الألماني.

● يجب استخراج القيم الناقصة، مثل قيم المواد والقيم الدليلية من كتاب الجداول الفنية.

إن التطبيق العملي والحسابي للقواعد الفنية لشرط أساسي لإتقان العمل في أي مجال من مجالات الصناعة. لذا فإننا ننصح الطالب والقارئ بالتعمق في فهم محتويات هذا الكتاب والمران على حل المسائل والمشكلات الواردة فيه، مما يؤهله لأن يحتل مكانه ويقوم بدوره في دفع عجلة تقدّم الأمة وتطورها قدماً.

ونتمنى النجاح للجميع. والله وليّ التوفيق.

محتويات الكتاب

الفهرس

٨٨	٣٦ الدوال المثلثية (النسب المثلثية) ، منحني الجيب
٩٠	٣٧ الجهد الجيبي المتردد
٩٢	٣٨ المقاومات في دائرة التيار المتردد
٩٤	٣٩ التوصيل على التوالي في حالة التيار المتردد
٩٦	٤٠ التوصيل على التوازي في حالة التيار المتردد
٩٨	٤١ قدرة التيار المتردد ومعامل القدرة
١٠٢	٤٢ قيم التيار ثلاثي الأطوار (الدوار)

المرحلة التخصصية

١٠٦	٤٣ مولد التيار المستمر
١٠٨	٤٤ محرك التيار المستمر
١١٢	٤٥ مولد التيار المتردد
١١٤	٤٦ محرك التيار المتردد
١١٦	٤٧ المحول أحادي الطور
١٢٠	٤٨ مولد التيار ثلاثي الأطوار
١٢٢	٤٩ محول التيار ثلاثي الأطوار
١٢٤	٥٠ تشغيل المحولات على التوازي
١٢٦	٥١ محرك التيار ثلاثي الأطوار غير المتزامن I
١٢٨	٥٢ محرك التيار ثلاثي الأطوار غير المتزامن II
١٣٠	٥٣ تحسين معامل القدرة
١٣٢	٥٤ عزم الدوران — سرعة الدوران — القدرة — قوة الشد
١٣٤	٥٥ الإدارة بالمحركات الكهربائية
١٣٦	٥٦ نقل الحركة : الإدارة بالسيور
١٣٨	٥٧ نقل الحركة : الإدارة بالمسننات (التروس)
١٤٠	٥٨ حساب وتأمين الموصلات الكهربائية
١٤٢	٥٩ حساب مساحة المقطع المستعرض للموصلات وفرق الجهد
١٤٦	٦٠ خط التوصيل الحلقي
١٤٨	٦١ الإضاءة الكهربائية — هندسة الإضاءة
١٥٠	٦٢ علم القياسات الكهربائية
١٥٢	٦٣ حساب المقاومة الكهربائية
١٥٤	٦٤ المقومات
١٥٦	٦٥ دوائر المقومات
١٥٩	٦٦ نبائط أشباه الموصلات : دايدو زينر
١٦١	٦٧ نبائط أشباه الموصلات : الترانزستور
١٦٣	٦٨ عناصر تركيب دوائر أشباه الموصلات : الثايرستور
١٦٥	٦٩ إجراءات الوقاية من جهد التلامس العالي
١٦٦	٧٠ إجراءات الوقاية من خطر التلامس
١٦٩	رموز الصيغ الرياضية ، ووحدات الكميات المستخدمة في هذا الكتاب
١٧١	ملحق أمجدي للمصطلحات الفنية

صفحة

المرحلة الأولى

٤	١ الأعداد الصحيحة والأعداد العشرية
٦	٢ الكسور : تعاريفها وتحويلاتهما
٨	٣ الكسور : الجمع والطرح
١٠	٤ الكسور : الضرب والقسمة
١٢	٥ حساب التناسب
١٤	٦ حساب النسبة المئوية — حساب الفوائد
١٦	٧ الحساب باستخدام الصيغ الرياضية ورموزها (الجبر)
١٨	٨ القيم النسبية — الأقواس
٢٠	٩ التبديل : حاصل الجمع وباقي الطرح
٢٢	١٠ التبديل : حاصل الضرب والكسور
٢٤	١١ الكميات الأسية (الأساس) والجذور
٢٦	١٢ قوى العشرة (الكميات الأسية للعشرة) — معادلات بها كميات أسية وجذور
٢٨	١٣ وحدات الأطوال والمساحات والحجوم
٣٠	١٤ حساب المساحات
٣٢	١٥ الحجم — الكتلة — الوزن (الثقل)
٣٤	١٦ حساب طول الفائف
٣٦	١٧ الزاوية — الزمن — السرعة
٣٨	١٨ القوة — الشغل — القدرة
٤٢	١٩ مراتب الأعداد — المسطرة الحاسبة — المنحنيات الخصائصية (البيانية)

مرحلة التأسيس الأولى

٤٤	٢٠ كميات القياس الكهربائية ومجالات القياس
٤٦	٢١ قانون أوم
٥٠	٢٢ القدرة الكهربائية للتيار المستمر
٥٢	٢٣ مقاومة الموصلات المعدنية
٥٦	٢٤ ترمينات وطرق حل المسائل
٥٨	٢٥ تغير المقاومة بالتسخين
٦٠	٢٦ التوصيل على التوالي في حالة التيار المستمر
٦٤	٢٧ التوصيل على التوازي في حالة التيار المستمر
٦٦	٢٨ التوصيل المركب (المختلط)
٧٠	٢٩ الشغل الكهربائي — تكلفة الطاقة (شغل الشغل الكهربائي)
٧٤	٣٠ الحرارة المستفادة من الكهرباء
٧٨	٣١ الكيمياء الكهربائية
٨٠	٣٢ المغنطيسية الكهربائية
٨٢	٣٣ الدائرة المغنطيسية المركبة

مرحلة التأسيس الثانية

٨٤	٣٤ القوة الدافعة الكهربائية المنتجة بالحث والملف
٨٦	٣٥ المجال الكهربائي والمكثف

العمليات الحسابية الأساسية - تعاريفها وعلاماتها				
العملية الحسابية الأساسية	مثال	العلامة الحسابية ونطقها	اسم النتيجة	ملخص
١ - الجمع (الإضافة)	$6+3=9$ حدود	+	زائد	يعرف الحساب مع استخدام العلامات
٢ - الطرح	$6-3=3$ 6 تسمى المطروح منه 3 تسمى المطروح	-	ناقص	باقي الطرح + و - بحساب الجمع والطرح
٣ - الضرب	$6 \cdot 3 = 18$ 3 و 6 يسميان عوامل	·	في	يعرف الحساب مع استخدام العلامات · و ÷
٤ - القسمة	$6 \div 3 = 2$ 6 تسمى المقسوم 3 تسمى المقسوم عليه	÷	على	وكذلك شرطة الكسر بحساب الضرب (·) والقسمة (÷ أو /)

علامات حسابية أخرى - طبقا للمواصفات (DIN 1302/68)

= يساوي	≈ يساوي تقريبا	+ لا يساوي	≠ يناظر	(>) أكبر من*	(<) أصغر من*
3 = 3	3,14 ≈ 3,1416	3 ≠ 5	10 kg ≠ 1 cm	3 > 2	2 < 3

مسائل تحتوي على عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة

مسائل بدون أقواس	مسائل بالأقواس
أجر أولا حساب الضرب والقسمة ثم حساب الجمع والطرح.	احسب أولا القيم داخل الأقواس، ثم أكمل الحساب بهذه النتائج الجزئية.
مثال (١): $3 \cdot 4 + 7 - 6 = ?$ الحل: $12 + 7 - 6 = 19 - 6 = 13$	مثال (٤): $3 \cdot (4 + 7 - 6) = ?$ الحل: $3 \cdot (11 - 6) = 3 \cdot 5 = 15$
مثال (٢): $18 + 12 \div 6 + 5 \cdot 18 - 12 = ?$ الحل: $18 + 2 + 90 - 12 = 110 - 12 = 98$	مثال (٥): $(70 + 40) \div 5 - 8 = ?$ الحل: $110 \div 5 - 8 = 22 - 8 = 14$
مثال (٣): $312 - 12 \cdot 4 + 16 - 4 \div 4 = ?$ الحل: $312 - 48 + 16 - 1 = 328 - 49 = 279$	مثال (٦): $(312 - 12) \cdot 4 + (16 - 4) \div 4 = ?$ الحل: $300 \cdot 4 + 12 \div 4 = 1200 + 3 = 1203$

احسب أولا القيم داخل الأقواس

تجربى عمليات الضرب والقسمة قبل عمليات الجمع والطرح

تقريب الأعداد العشرية طبقا للمواصفات (DIN 1333/72)

تعرف الخانة العشرية المحتوية على آخر رقم بعد التقريب، بخانة التقريب. ولتقريب عدد ما يضاف إليه نصف مرتبة العدد المذكور في خانة التقريب ثم تحذف الأرقام التي تلي خانة التقريب.

العدد المطلوب تقريبه	خانة التقريب	نصف مرتبة العدد لخانة التقريب	حاصل الجمع	العدد المقرب
3,141592...	↑	0,005	3,146592...	3,14
0,35	↑	0,05	0,40	0,4
0,25	↑	0,05	0,30	0,3
2,65436	↑	0,005	2,65936	2,65
2,654	↑	0,05	2,704	2,7
2,17	↑	0,05	2,22	2,2
2,12	↑	0,05	2,17	2,1

* تستخدم علامتا أكبر من (>) وأصغر من (<) في هذا الكتاب للغات الأوروبية أما بالنسبة للغة العربية فيعكس وضعهما.

تمرينات :
اجمع :

3570 + 95 + 19,35 + 0,515 + 0,032	١ — ١
7500 + 75 + 17,25 + 0,785 + 0,023	٢ — ١
870,5 + 70,1 + 3,142 + 0,141 + 0,005	٣ — ١
840,5 + 60,1 + 1,414 + 0,314 + 0,004	٤ — ١
780,5 - 70,1 - 19,42 - 5,167 - 0,141	٥ — ١
640 - 60,1 - 12,45 - 3,245 - 0,314	٦ — ١
95 - 17,25 - 0,617 - 0,032 - 0,005	٧ — ١
75 - 19,36 - 0,275 - 0,075 - 0,004	٨ — ١
935 + 78 - 60,7 - 13,25 + 1,875	٩ — ١
535 + 175 - 80,5 - 23,25 + 2,785	١٠ — ١
732 + 19,35 + 0,834 - 60,1 - 0,314	١١ — ١
624 - 23,73 + 0,758 - 70,4 - 0,231	١٢ — ١
375 + 42,5 - 30,1 - 140,25 + 0,375	١٣ — ١
435 + 90,5 - 37,2 - 190,75 - 3,185	١٤ — ١
18,005 + 1700,5 + 307,5 - 3,208	١٥ — ١
78,25 - 435,75 - 75,005 + 433,5	١٦ — ١

اضرب :

أوجد ناتج عمليات الضرب الآتية ، ثم قرب به الى رابع رقم بعد الفاصلة العشرية

41,85 · 0,785	٢١ — ١	8450 · 3,14	١٧ — ١
78,94 · 0,785	٢٢ — ١	6230 · 3,14	١٨ — ١
0,236 · 0,53	٢٣ — ١	375,5 · 0,523	١٩ — ١
0,019 · 0,374	٢٤ — ١	458,6 · 0,523	٢٠ — ١

اقسم :

قرب خارج قسمة الأعداد الآتية الى رابع رقم بعد الفاصلة العشرية

8,912 ÷ 0,785	٢٩ — ١	7325 ÷ 2,5	٢٥ — ١
7,321 ÷ 0,785	٣٠ — ١	9230 ÷ 2,5	٢٦ — ١
0,516 ÷ 2,34	٣١ — ١	450,5 ÷ 3,14	٢٧ — ١
5,782 ÷ 0,329	٣٢ — ١	750,5 ÷ 3,14	٢٨ — ١

مسائل تحتوي على عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة :
قرب ناتج العمليات الحسابية الآتية الى رابع رقم بعد الفاصلة العشرية :

532 - 32 · 16 + 24 - 4 ÷ 4	٣٣ — ١
720 - 20 · 10 + 10 - 5 ÷ 5	٣٤ — ١
7540 + 3250 - 40,75 · 3,14	٣٥ — ١
8475 + 4255 - 90,75 · 3,14	٣٦ — ١
40,35 · 0,785 + 905,7 - 40,75	٣٧ — ١
400,3 · 0,785 + 310,8 - 525,5	٣٨ — ١
310,875 ÷ 3,14 + 901,25 - 340	٣٩ — ١
817,45 ÷ 3,14 + 190,25 - 210	٤٠ — ١

مسائل بالأقواس

قرب ناتج العمليات الحسابية الآتية الى رابع رقم بعد الفاصلة العشرية :

(532 - 32) · 16 + (24 - 4) ÷ 4	٤١ — ١
(720 - 20) · 10 + (10 - 5) ÷ 5	٤٢ — ١
3210 + 350,5 + (72,35 + 4,825) · 3,14	٤٣ — ١
4720 + 557,8 + (68,75 + 5,785) · 3,14	٤٤ — ١
3210 + (350,5 + 72,35 + 4,825) · 3,14	٤٥ — ١

$$4720 + (557,8 + 68,75 + 5,785) · 3,14 \quad ٤٦ — ١$$

$$(3210 + 557,8 + 72,35 + 4,825) · 3,14 \quad ٤٧ — ١$$

$$(4720 + 557,8 + 68,75 + 5,785) · 3,14 \quad ٤٨ — ١$$

١ — ٥٠/٤٩ يبين الجدول التالي القطع المنتجة في ورشة كبيرة في الربع الأول من العام . احسب :

أ (مقدار الزيادة أو النقص في الانتاج من شهر الى آخر .
ب) الانتاج الكلي في الربع الأول من العام من حيث :

١ - عدد القطع

٢ - التكاليف علماً بأن تكلفة القطعة SR 0,32

(SR = ريال سعودي)

رقم المسألة	يناير	فبراير	مارس
٤٩ — ١	32 420	36 290	33 600
٥٠ — ١	23 630	24 785	22 875

١ — ٥١ قارن بين مشروع الميزانية لسنتي ١٩٧٠ و ١٩٧٣ لدولة ما ، علماً بأن تعدادها في سنة ١٩٧٠ هو 59 مليون نسمة .

المبلغ بالمليون ريال	الاعتمادات لسنة ١٩٧٠	الاعتمادات لسنة ١٩٧٣
الميزانية الكلية للدولة	89 350	120 236
ومنها : للشؤون الاجتماعية والعمل	18 767	34 100
لوزارة المواصلات	10 163	9 900
لوزارة الدفاع	19 864	27 800

أ (احسب فروق الاعتمادات

ب) ما مقدار المبالغ المتبقية في سنتي ١٩٧٠ و ١٩٧٣ للمهام الأخرى ؟

ج) احسب النصيب السنوي للفرد بالنسبة لعام ١٩٧٠ .

١ — ٥٢ تبين احصائيات الحوادث لعام ١٩٧٠ في دولة ما تعدادها 59 مليون نسمة ، أن عدد قتلى حوادث الطرق بلغ نحو 19000 قتيلاً . بين كل كم نسمة في هذه الدولة يسقط :

أ (قتيلاً واحد في العام الواحد .

ب) قتيلاً واحد على مدى سبعين عاماً (مدى العمر) ؟

١ — ٥٤/٥٣ احسب من الجدول المبين للتكاليف الشهرية الكلية لسيارة مايلي :

أ (التكاليف بالقرش لكل كيلومتر تقطعه السيارة .

ب) التكاليف السنوية بالريال السعودي (SR)

ج) الزيادة أو النقص في التكاليف بالقرش لكل كيلومتر :

١ - منسوبة الى تكاليف القيادة لمسافة 20 000 كيلومتر في السنة .

٢ - منسوبة الى تكاليف القيادة لمسافة 30 000 كيلومتر في السنة .

المسافة المقطوعة سنوياً (km)	التكاليف الشهرية الكلية (SR)	٥٣ — ١	٥٤ — ١
5 000	166		246
10 000	198		293
15 000	208		334
20 000	270		388
30 000	335		480
40 000	424		572
50 000	470		667

تمرينات

حوّل الى كسور غير حقيقية :

$26\frac{2}{7}$; $70\frac{2}{3}$; $19\frac{5}{13}$	٦-٢	$3\frac{1}{2}$; $4\frac{2}{3}$; $5\frac{3}{4}$	١-٢
$22\frac{5}{9}$; $18\frac{7}{8}$; $42\frac{1}{3}$	٧-٢	$2\frac{3}{5}$; $2\frac{5}{6}$; $4\frac{3}{7}$	٢-٢
$43\frac{4}{5}$; $59\frac{1}{4}$; $21\frac{2}{9}$	٨-٢	$7\frac{3}{5}$; $9\frac{5}{6}$; $8\frac{3}{10}$	٣-٢
$48\frac{19}{21}$; $37\frac{1}{17}$; $54\frac{13}{19}$	٩-٢	$5\frac{5}{8}$; $6\frac{3}{4}$; $9\frac{3}{7}$	٤-٢
$81\frac{23}{24}$; $98\frac{9}{11}$; $75\frac{12}{13}$	١٠-٢	$15\frac{3}{8}$; $13\frac{2}{9}$; $16\frac{1}{12}$	٥-٢

حوّل كلّاً من الكسور الآتية إلى عدد صحيح أو عدد صحيح وكسر :

$\frac{38}{5}$; $\frac{56}{13}$; $\frac{142}{11}$	١٦-٢	$\frac{6}{2}$; $\frac{23}{3}$; $\frac{15}{4}$	١١-٢
$\frac{143}{19}$; $\frac{169}{13}$; $\frac{194}{18}$	١٧-٢	$\frac{17}{5}$; $\frac{32}{6}$; $\frac{35}{4}$	١٢-٢
$\frac{212}{12}$; $\frac{119}{8}$; $\frac{224}{7}$	١٨-٢	$\frac{12}{5}$; $\frac{36}{7}$; $\frac{65}{8}$	١٣-٢
$\frac{245}{82}$; $\frac{321}{107}$; $\frac{361}{120}$	١٩-٢	$\frac{11}{4}$; $\frac{19}{5}$; $\frac{26}{7}$	١٤-٢
$\frac{415}{83}$; $\frac{374}{125}$; $\frac{299}{37}$	٢٠-٢	$\frac{125}{12}$; $\frac{172}{13}$; $\frac{150}{17}$	١٥-٢

أكمل الكسور الآتية :

$\frac{7}{8} = \frac{84}{?}$; $\frac{5}{6} = \frac{35}{?}$	٢٦-٢	$\frac{5}{6} = \frac{?}{48}$; $\frac{7}{12} = \frac{?}{72}$	٢١-٢
$\frac{7}{9} = \frac{147}{?}$; $\frac{13}{14} = \frac{286}{?}$	٢٧-٢	$\frac{3}{5} = \frac{?}{20}$; $\frac{4}{7} = \frac{?}{35}$	٢٢-٢
$\frac{5}{7} = \frac{45}{?}$; $\frac{11}{12} = \frac{143}{?}$	٢٨-٢	$\frac{11}{13} = \frac{?}{91}$; $\frac{15}{16} = \frac{?}{48}$	٢٣-٢
$\frac{9}{11} = \frac{81}{?}$; $\frac{16}{7} = \frac{128}{?}$	٢٩-٢	$\frac{9}{11} = \frac{?}{44}$; $\frac{5}{12} = \frac{?}{108}$	٢٤-٢
$\frac{6}{19} = \frac{54}{?}$; $\frac{17}{23} = \frac{204}{?}$	٣٠-٢	$\frac{3}{5} = \frac{15}{?}$; $\frac{1}{40} = \frac{30}{?}$	٢٥-٢

اختصر الكسور الآتية إذا أمكن :

$\frac{156}{169}$; $\frac{54}{153}$; $\frac{222}{156}$	٣٧-٢	$\frac{6}{12}$; $\frac{5}{15}$; $\frac{4}{16}$	٣١-٢
$\frac{63}{119}$; $\frac{115}{253}$; $\frac{453}{372}$	٣٨-٢	$\frac{6}{8}$; $\frac{8}{12}$; $\frac{9}{12}$	٣٢-٢
$\frac{105}{145}$; $\frac{117}{243}$; $\frac{209}{361}$	٣٩-٢	$\frac{12}{18}$; $\frac{24}{30}$; $\frac{48}{60}$	٣٣-٢
$\frac{96}{156}$; $\frac{154}{294}$; $\frac{561}{333}$	٤٠-٢	$\frac{12}{15}$; $\frac{18}{24}$; $\frac{40}{60}$	٣٤-٢
$\frac{273}{143}$; $\frac{354}{212}$; $\frac{506}{108}$	٤١-٢	$\frac{68}{72}$; $\frac{51}{93}$; $\frac{53}{91}$	٣٥-٢
$\frac{692}{71}$; $\frac{581}{83}$; $\frac{439}{112}$	٤٢-٢	$\frac{22}{32}$; $\frac{56}{84}$; $\frac{91}{107}$	٣٦-٢

حوّل الكسور العشرية الى أعداد صحيحة

واختصر إذا أمكن، وضع كلّاً من الكسور غير الحقيقية في صورة عدد صحيح أو عدد صحيح وكسر :

$\frac{11}{0,25}$; $\frac{5,5}{3,5}$; $\frac{50}{12,5}$	٥٠-٢	$\frac{0,2}{4}$; $\frac{0,02}{5}$; $\frac{0,55}{11}$	٤٣-٢
$\frac{2,6}{3,9}$; $\frac{18}{0,3}$; $\frac{7,4}{12}$	٥١-٢	$\frac{0,4}{5}$; $\frac{0,04}{4}$; $\frac{0,7}{14}$	٤٤-٢
$\frac{15}{0,6}$; $\frac{34}{1,7}$; $\frac{91}{5,6}$	٥٢-٢	$\frac{0,6}{12}$; $\frac{2,5}{5}$; $\frac{10,25}{25}$	٤٥-٢
$\frac{0,03}{99}$; $\frac{0,21}{6,3}$; $\frac{15,4}{0,14}$	٥٣-٢	$\frac{0,44}{11}$; $\frac{3,5}{5}$; $\frac{10,50}{25}$	٤٦-١
$\frac{0,04}{84}$; $\frac{0,24}{9,6}$; $\frac{16,8}{0,24}$	٥٤-٢	$\frac{4}{0,2}$; $\frac{5}{0,02}$; $\frac{11}{0,55}$	٤٧-٢
$\frac{0,005}{0,45}$; $\frac{0,021}{16,8}$; $\frac{0,013}{1,82}$	٥٥-٢	$\frac{5}{0,4}$; $\frac{5}{0,04}$; $\frac{14}{0,7}$	٤٨-٢
$\frac{0,006}{0,54}$; $\frac{0,023}{18,4}$; $\frac{0,017}{2,89}$	٥٦-٢	$\frac{12}{0,6}$; $\frac{5}{2,5}$; $\frac{20,5}{10,25}$	٤٩-٢

حوّل الكسور العشرية الى كسور اعتيادية

واختصر إذا أمكن، ثمّ ضع كلّاً من الكسور غير الحقيقية في صورة عدد صحيح وكسر :

3,125; 2,375; 4,625	٦٤-٢	0,5; 0,8; 0,9	٥٧-٢
3,715; 5,825; 9,075	٦٥-٢	0,4; 0,6; 0,7	٥٨-٢
3,225; 7,475; 12,025	٦٦-٢	0,25; 0,75; 0,85	٥٩-٢
3,084; 15,168; 22,328	٦٧-٢	0,25; 0,45; 0,55	٦٠-٢
6,096; 17,232; 34,256	٦٨-٢	0,115; 0,125; 0,375	٦١-٢
0,104; 0,075; 7,008	٦٩-٢	0,175; 0,215; 0,575	٦٢-٢
0,304; 0,048; 0,092	٧٠-٢	1,125; 2,625; 4,125	٦٣-٢

حوّل الكسور الاعتيادية الى كسور عشرية :

$8\frac{9}{42}$; $7\frac{14}{56}$; $3\frac{21}{65}$	٧٩-٢	$\frac{3}{4}$; $\frac{4}{5}$; $\frac{7}{8}$	٧١-٢
$6\frac{7}{46}$; $9\frac{24}{72}$; $5\frac{23}{82}$	٨٠-٢	$\frac{3}{5}$; $\frac{5}{6}$; $\frac{5}{8}$	٧٢-٢
$\frac{49}{13}$; $\frac{112}{81}$; $\frac{54}{19}$	٨١-٢	$\frac{9}{13}$; $\frac{7}{25}$; $\frac{8}{35}$	٧٣-٢
$\frac{84}{17}$; $\frac{124}{51}$; $\frac{37}{14}$	٨٢-٢	$\frac{7}{13}$; $\frac{9}{25}$; $\frac{11}{35}$	٧٤-٢
$\frac{112}{232}$; $\frac{436}{528}$; $\frac{67}{201}$	٨٣-٢	$2\frac{1}{4}$; $4\frac{3}{7}$; $8\frac{2}{5}$	٧٥-٢
$\frac{116}{384}$; $\frac{312}{556}$; $\frac{43}{129}$	٨٤-٢	$3\frac{1}{5}$; $5\frac{3}{7}$; $7\frac{1}{8}$	٧٦-٢
$\frac{7}{133}$; $\frac{841}{79}$; $3\frac{4}{89}$	٨٥-٢	$6\frac{2}{23}$; $8\frac{12}{25}$; $7\frac{13}{36}$	٧٧-٢
$\frac{9}{117}$; $\frac{547}{51}$; $2\frac{1}{34}$	٨٦-٢	$8\frac{3}{23}$; $9\frac{13}{25}$; $10\frac{11}{36}$	٧٨-٢

جمع وطرح الكسور المتشابهة

الحالة الأولى : إذا كانت الحدود كلها متشابهة

(١) تمهيد شرطه كسر مشتركة ، ويكتب المقام مرة واحدة فقط .

(٢) تجمع أو تطرح البسوط ، بينما يظل المقام كما هو دون تغيير (مثلاً ١ ، ٢) .

الحالة الثانية : أحد الحدود على الأقل عدد صحيح أو عدد صحيح وكسر .

(١) يكتب الكسر المركب على شكل عدد صحيح مع كسر : $-4\frac{1}{2} = -4 - \frac{1}{2}$; $-4\frac{1}{2} = -4 + \frac{1}{2}$; $4\frac{1}{2} = 4 + \frac{1}{2}$

(٢) تحسب أولاً الأعداد الصحيحة لنحصل على الناتج الجزئي ، ثم تحسب الكسور كثنائي (١) و (٢) . إذا تعذر إكمال الحساب ، يؤخذ واحد صحيح من الناتج الجزئي ، ثم يحول الواحد الصحيح إلى كسر ظاهري بالمقام المعطى .

(٣) تجمع النتائج كما في البند (٢) .

مثال (٢) : $3 + 4\frac{1}{5} + \frac{2}{5} - \frac{4}{5} = ?$

الحل : (١) $3 + 4 + \frac{1}{5} + \frac{2}{5} - \frac{4}{5} = ?$

(٢) $3 + 4 = 7 = 6 + \frac{5}{5}$

$\frac{1}{5} + \frac{2}{5} - \frac{4}{5} + \frac{5}{5} = \frac{8-4}{5} = \frac{4}{5}$

(٣) $6 + \frac{4}{5} = 6\frac{4}{5}$

مثال (١) : $\frac{4}{9} + \frac{5}{9} - \frac{2}{9} = ?$

الحل : $\frac{4+5-2}{9} = \frac{9-2}{9} = \frac{7}{9}$

مثال (٢) : $\frac{11}{15} + \frac{7}{15} - \frac{8}{15} = ?$

الحل : $\frac{11+7-8}{15} = \frac{10}{15} = \frac{2}{3}$

جمع وطرح الكسور غير المتشابهة

يجب أولاً تحويل الكسور غير المتشابهة إلى كسور متشابهة بمعنى إيجاد مقام مشترك لجميع الكسور . يعرف المقام المشترك باسم المضاعف المشترك الأصغر للمقامات الذي يقبل القسمة عليها جميعاً دون باقي . وغالباً ما يسهل الحصول على الحل بسرعة بتحويل الكسور إلى أعداد عشرية . ويمكن الاستفادة بجدول تحويل الكسور إلى أعداد عشرية من $\frac{1}{2}$ إلى $\frac{1}{100}$ (صفحة ٦) .

يمكن إيجاد المقام المشترك تحريراً .

مثال (٤) : $\frac{3}{5} + \frac{7}{12} + \frac{8}{15} + \frac{5}{24} = ?$

الحل :

(١) إقسم جميع المقامات على ٢ و ٣ و ٤ و ٥ وهكذا .

$5 \ 12 \ 15 \ 24 \div 2 \quad 5 \ 3 \ 15 \ 3 \div 3$

$5 \ 6 \ 15 \ 12 \div 2 \quad 5 \ 1 \ 5 \ 1 \div 5$

$5 \ 3 \ 15 \ 6 \div 2 \quad 1 \ 1 \ 1 \ 1$

(٥) إحسب بنفس طرق الحل في الأمثلة من (١) إلى (٣) :

$\frac{72}{120} + \frac{70}{120} + \frac{64}{120} + \frac{25}{120} = \frac{72+70+64+25}{120}$
 $= \frac{231}{120} = 1\frac{11}{40} = 1\frac{37}{40} = 1,925$

حل المثال ٤ : بتحويل الكسور الإعتيادية إلى كسور عشرية

$\frac{3}{5} + \frac{7}{12} + \frac{8}{15} + \frac{5}{24} = ?$

(قيمة مقلوب العدد ٥ من الجدول) $\frac{3}{5} = 3 \cdot (0,2000) = 0,6000$

(قيمة مقلوب العدد ١٢ من الجدول) $\frac{7}{12} = 7 \cdot (0,08333) = 0,5831$

(قيمة مقلوب العدد ١٥ من الجدول) $\frac{8}{15} = 8 \cdot (0,0667) = 0,5336$

(قيمة مقلوب العدد ٢٤ من الجدول) $\frac{5}{24} = 5 \cdot (0,0417) = 0,2085$

$= 1,9252$

(٢) أوجد المقام المشترك بضرب جميع الأعداد المقسوم

عليها في بند (١) . المقام المشترك $2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5 = 120$

(٣) تحقق - كتجربة - من أن المقام المشترك الناتج في البند رقم (٢) يقبل القسمة على جميع المقامات بدون باقي :

$120 \div 5 = 24$; $120 \div 15 = 8$;

$120 \div 12 = 10$; $120 \div 24 = 5$

(٤) حول جميع الكسور إلى كسور ذات مقام مشترك :

$\frac{3 \cdot 24}{5 \cdot 24} = \frac{72}{120}$; $\frac{8 \cdot 8}{15 \cdot 8} = \frac{64}{120}$;

$\frac{7 \cdot 10}{12 \cdot 10} = \frac{70}{120}$; $\frac{5 \cdot 5}{24 \cdot 5} = \frac{25}{120}$

تمرينات :

اجمع واطرح

$\frac{2}{3} + \frac{3}{4} - \frac{4}{5}$	$3 - 3$	$\frac{1}{3} + \frac{1}{4} - \frac{1}{6}$	$2 - 3$	$\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4}$	$1 - 3$
$\frac{2}{5} + \frac{5}{6} - \frac{3}{8}$	$1 - 3$	$\frac{1}{4} + \frac{3}{5} - \frac{5}{6}$	$5 - 3$	$\frac{1}{2} + \frac{1}{4} - \frac{1}{7}$	$4 - 3$
$\frac{1}{4} - \frac{5}{6} + 13$	$9 - 3$	$4 + \frac{4}{9} - \frac{7}{12}$	$8 - 3$	$4 + \frac{4}{5} - \frac{3}{20}$	$7 - 3$
$3 - \frac{3}{5} - \frac{7}{12}$	$12 - 3$	$3 - \frac{1}{6} - \frac{1}{15}$	$11 - 3$	$6 - \frac{11}{15} + \frac{3}{25}$	$10 - 3$
$4\frac{3}{5} - 3\frac{1}{3} + 2$	$15 - 3$	$3\frac{7}{15} - \frac{2}{5} - \frac{11}{12}$	$14 - 3$	$3\frac{1}{3} + 3 - \frac{5}{6}$	$13 - 3$
$10\frac{5}{11} - 5\frac{4}{7} + 8$	$18 - 3$	$8\frac{3}{11} - 4\frac{5}{7} + 5$	$17 - 3$	$7\frac{2}{5} - 4\frac{2}{3} + 3$	$16 - 3$
$2\frac{2}{7} + 9\frac{5}{6} + 3\frac{1}{2} - 2\frac{1}{3}$	$21 - 3$	$15\frac{3}{5} - 4\frac{1}{8} + 7$	$20 - 3$	$7\frac{4}{9} - 3\frac{1}{4} + 3$	$19 - 3$
$4\frac{5}{12} + 5\frac{3}{5} - 6\frac{17}{30} - 1\frac{13}{15}$	$24 - 3$	$3\frac{37}{60} + 5\frac{11}{15} - 1\frac{13}{20} - 2\frac{7}{10}$	$23 - 3$	$2\frac{5}{8} + 7\frac{1}{2} - 3\frac{17}{20} - 4\frac{4}{5}$	$22 - 3$
$7,5 + 13\frac{3}{7} + 9\frac{5}{6} - 13,7$	$27 - 3$	$3,6 + 8\frac{2}{5} + 7\frac{3}{7} + 20,3$	$26 - 3$	$4,2 + 9\frac{3}{5} + 6\frac{3}{4} - 9,5$	$25 - 3$
$12,15 + 3\frac{1}{8} - 1,25 + 0,75$	$30 - 3$	$4,25 + 11\frac{4}{5} - 16,3 + 4$	$29 - 3$	$8,3 - 9\frac{2}{9} + 2\frac{5}{13} - 0,75$	$28 - 3$

مسائل على الأقواس (انظر اللوحة رقم ١)

$4\frac{1}{2} + 3\frac{1}{6} - (7\frac{3}{8} + 2\frac{4}{5} - 5\frac{5}{12}) - 1\frac{3}{16}$	$32 - 3$	$6\frac{2}{3} - (4\frac{1}{8} + \frac{5}{6} - 2\frac{1}{4}) + 9\frac{4}{5} + 3\frac{1}{3}$	$31 - 3$
$18\frac{1}{3} - (5\frac{1}{3} - 2\frac{1}{15} + 7\frac{1}{3}) + 9\frac{7}{15} - 2\frac{2}{3}$	$34 - 3$	$24\frac{1}{5} - (8\frac{1}{2} + 3\frac{1}{4} - 4\frac{1}{5}) + 5\frac{1}{20} - 2\frac{3}{4}$	$33 - 3$
$18,6 - 9\frac{4}{15} - (2,75 + 3,45 - 1\frac{7}{20}) + 2,25$	$36 - 3$	$4,75 + 2\frac{3}{16} - (0,95 + 7,55 - 3\frac{7}{20}) + 8\frac{1}{8}$	$35 - 3$
$112,6 - 9,25 - (34,2 - 4\frac{1}{2} - 9\frac{3}{4}) - 4\frac{3}{16}$	$38 - 3$	$29,5 + 17\frac{1}{4} - (8,4 - 2\frac{1}{9} - 3,2) + 16\frac{1}{2}$	$37 - 3$
$37,65 - 12\frac{3}{16} - (8\frac{5}{12} + 5,6 - 3\frac{3}{8}) + 14,125$	$40 - 3$	$25,85 - 7\frac{5}{12} - (6\frac{1}{3} + 4,6 - 2\frac{4}{5}) + 11\frac{1}{9}$	$39 - 3$
$82,75 - (4\frac{2}{9} + 3\frac{5}{12}) - (5,4 - 2\frac{1}{5}) - 1\frac{1}{15}$	$42 - 3$	$64,25 - (8\frac{1}{4} + 3\frac{1}{8}) - (3,4 - 1\frac{1}{2}) + 6,3$	$41 - 3$

ملاحظة :

بالنسبة للمسائل التالية تستخدم الأرقام الموجودة خارج الأقواس لحل مسألة والتي داخلها حل مسألة أخرى .

(أ) نسبة الأجر الذي يحصل عليه العامل تحت التمرين .
(ب) أجر كل منهم بالريال .

٣ - ٤٩/٥٠ يبلغ متوسط استهلاك سيارة 11,21 بنزين لكل 100 km . فإذا علم أنه في رحلة طولها 360 km (450) استهلك السيارة $\frac{7}{8}$ (8) من الاستهلاك المتوسط في مسافة 225 km (280) على الطريق السريع ثم $1\frac{1}{4}$ (15) من الاستهلاك المتوسط في مسافة 45 km (75) على طريق جبلي وقطعت باقي المسافة باستهلاك متوسط . احسب الاستهلاك الكلي للبنزين .

٣ - ٥٢/٥١ اكتسب أربعة أصدقاء A و B و C و D من عمل ما مبلغ 85 000 SR (102 000) فإذا كان نصيب A هو $\frac{1}{4}$ المبلغ و B هو $\frac{2}{5}$ المبلغ و C هو $\frac{1}{6}$ المبلغ و D الباقي . احسب نصيب كل منهم من الكسب .

٣ - ٥٣/٥٤ شحنت النقود مع شاين أثناء قيامها بجولة فتشاورا على صرف ربع ما معهم في اليوم الأول وثلث الباقي في اليوم الثاني ونصف الباقي في اليوم الثالث فوجدا أنه سيتبقى معهما في النهاية 4,50 SR (6,00) . فما مقدار النقود التي كانت معهما؟

٣ - ٤٤/٤٤ في سباق للسيارات مكون من 36 دورة خرج من السباق $\frac{1}{12}$ (8) من المتسابقين بعد خمس دورات وخرج $\frac{1}{5}$ (16) المتسابقين بعد 12 دورة وخرج $\frac{1}{3}$ (12) المتسابقين بعد 20 دورة . فإذا علم أن عدد المتسابقين الذين أتموا السباق هو 23 (18) متسابق . فأحسب :

(أ) عدد المشتركين عند بدء السباق .
(ب) عدد المتسابقين الذين خرجوا من السباق بعد 5 و 12 و 20 دورة .

٣ - ٤٥/٤٦ قامت مجموعة من الشباب بجولة لمسافة 120 km (150) . إذا قطعوا في كل من اليومين الأول والثاني $\frac{1}{4}$ (15) المسافة ثم قطعوا في اليوم الثالث $\frac{1}{5}$ (12) المسافة ثم في اليوم الرابع $\frac{1}{6}$ (10) المسافة وفي اليوم الخامس باقي المسافة . احسب المسافات المقطوعة في كل يوم بالكيلومتر (km) .

٣ - ٤٧/٤٨ يبلغ مجموع أجور ملاحظ عمال وميكانيكي وعامل تحت التمرين 420 SR (455) . فإذا علم أن ملاحظ العمال يحصل على $\frac{3}{7}$ المبلغ ويحصل الميكانيكي على $\frac{2}{5}$ المبلغ ويحصل العامل تحت التمرين على الباقي . أوجد :

ضرب الكسور

إذا كانت كل العوامل كسورا :

(١) تم د شرطة كسر مشتركة ثم يُختصر .

(٢) يضرب البسط في البسط ، والمقام في المقام .

$$\text{مثال (١) : } \frac{8}{9} \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{11}{5} = ?$$

$$\text{الحل : } \frac{8 \cdot 5 \cdot 11}{9 \cdot 6 \cdot 5} = \frac{44}{27} = 1 \frac{17}{27}$$

إذا كان أحد العوامل على الأقل عددا صحيحا :

(١) يحوّل العدد الصحيح إلى كسر ظاهري .

(٢) يكمل الحساب كما هو موضح في مثال (١) .

$$\text{مثال (٢) : } 4 \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{7}{8} = ?$$

$$\text{الحل : } 4 = \frac{4}{1} \cdot \frac{4 \cdot 3 \cdot 7}{1 \cdot 5 \cdot 8} = \frac{21}{10} = 2 \frac{1}{10} = 2,1$$

إذا كان أحد العوامل على الأقل كسرا مركبا (عدد صحيح وكسر) :

(١) يحوّل الكسر المركب إلى كسر غير حقيقي .

(٢) يكمل الحساب كما في مثال (١) .

$$\text{مثال (٢) : } 2 \frac{2}{3} \cdot 4 \frac{1}{4} = ?$$

$$\text{الحل : } 2 \frac{2}{3} = \frac{8}{3} \cdot 4 \frac{1}{4} = \frac{17}{4} \cdot \frac{8 \cdot 17}{3 \cdot 4} = \frac{34}{3} = 11 \frac{1}{3}$$

إذا كان أحد العوامل على الأقل عددا عشريا :

(١) يحوّل الكسر العشري إلى كسر اعتيادي .

(٢) يكمل الحساب كما في مثال (١) .

$$\text{مثال (٤) : } 6,25 \cdot \frac{4}{5} = ?$$

$$\text{الحل : } 6,25 = \frac{625}{100} \cdot \frac{125}{100} \cdot \frac{4}{5} = \frac{500}{100} = 5$$

قسمة الكسور

إذا كان المقسوم والمقسوم عليه كسورا :

(١) يقلب المقسوم عليه بحيث يصبح البسط مقاما والمقام بسطا وبذا نحصل على قيمة مقلوب الكسر .

(٢) يضرب المقسوم في القيمة المقلوبة كما في مثال (١) .

$$\text{مثال (٥) : } \frac{3}{4} \div \frac{5}{6} = ?$$

$$\text{الحل : } \frac{3 \cdot 6}{4 \cdot 5} = \frac{9}{10} = 0,9 \quad (\text{حيث } \frac{6}{5} \text{ هو مقلوب } \frac{5}{6})$$

إذا كان المقسوم أو المقسوم عليه كسرا مركبا :

(١) يحوّل العدد الصحيح والكسر إلى كسر غير حقيقي .

(٢) يكمل الحساب كما في مثال (٥) .

$$\text{مثال (٧) : } 3 \frac{2}{5} \div \frac{4}{5} = ?$$

$$\text{الحل : } 3 \frac{2}{5} = \frac{17}{5} \div \frac{4}{5} = \frac{17 \cdot 5}{5 \cdot 4} = \frac{17}{4} = 4 \frac{1}{4}$$

$$(\text{حيث } \frac{5}{4} \text{ هو مقلوب } \frac{4}{5})$$

إذا كان المقسوم أو المقسوم عليه عددا صحيحا وكسرا عشريا :

(١) يحوّل الكسر العشري إلى كسر اعتيادي .

(٢) يكمل الحساب كما في مثال (٥) .

$$\text{مثال (٨) : } 1,25 \div \frac{4}{5} = ?$$

$$\text{الحل : } 1,25 = \frac{125}{100} \div \frac{4}{5} = \frac{125 \cdot 5}{100 \cdot 4} = \frac{125}{80} = 1 \frac{45}{80} = 1 \frac{9}{16}$$

إذا كان المقسوم أو المقسوم عليه عددا صحيحا :

(١) يحوّل العدد الصحيح إلى كسر ظاهري .

(٢) يكمل الحساب كما في مثال (٥) .

$$\text{مثال (٦) : } 5 \div \frac{2}{7} = ?$$

$$\text{الحل : } 5 = \frac{5}{1} \div \frac{2}{7} = \frac{5 \cdot 7}{1 \cdot 2} = \frac{35}{2} = 17 \frac{1}{2}$$

$$(\text{حيث } \frac{7}{2} \text{ هو مقلوب } \frac{2}{7})$$

الحساب بكسور مزدوجة :

(١) تستبدل شرطة الكسر الوسطى بعلامة القسمة (÷) .

(٢) يكمل الحساب كما في الأمثلة من (٥) إلى (٨) .

مثال (٩) :

$$\frac{4}{1} \div \frac{4}{1} = ?$$

الحل :

$$\frac{4}{1} \div \frac{4}{1} = \frac{4 \cdot 1}{1 \cdot 1} = 4$$

مثال (١١) :

$$\frac{1 \frac{1}{4}}{\frac{1}{4}} = ?$$

الحل :

$$\frac{1 \frac{1}{4}}{\frac{1}{4}} = \frac{5}{4} \div \frac{1}{4} = \frac{5 \cdot 4}{4 \cdot 1} = 5$$

مثال (١٢) :

$$\frac{6,25}{\frac{1}{4}} = ?$$

الحل :

$$\frac{6,25}{\frac{1}{4}} = 6,25 \div \frac{1}{4} = \frac{625}{100} \div \frac{1}{4} = \frac{625 \cdot 4}{100 \cdot 1} = 25$$

الحل :

$$\frac{6 \frac{1}{10}}{\frac{1}{6}} = \frac{6 \frac{1}{10}}{\frac{1}{6}} = \frac{61}{10} \div \frac{1}{6} = \frac{61 \cdot 6}{10 \cdot 1} = 36,6$$

الحل :

$$\frac{4 \frac{1}{4}}{\frac{1}{4}} = \frac{17}{4} \div \frac{1}{4} = \frac{17 \cdot 4}{4 \cdot 1} = 17$$

تمرينات
اضرب واقسم :

$\frac{1}{3} \cdot \frac{6}{11} \cdot \frac{4}{5}$	٤ - ٤	$\frac{6}{7} \cdot \frac{5}{14} \cdot \frac{7}{12}$	٣ - ٤	$\frac{3}{10} \cdot \frac{5}{12} \cdot \frac{3}{8}$	٢ - ٤	$\frac{12}{7} \cdot \frac{21}{36} \cdot \frac{2}{5}$	١ - ٤
$14 \cdot \frac{5}{7} \cdot \frac{8}{15}$	٨ - ٤	$12 \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{5}{7}$	٧ - ٤	$3 \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{4}{9}$	٦ - ٤	$2 \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{7}{8}$	٥ - ٤
$9 \frac{3}{7} \cdot 4 \frac{5}{11} \cdot 2 \frac{1}{3}$	١٢ - ٤	$6 \frac{3}{4} \cdot 9 \frac{7}{9} \cdot 8 \frac{1}{4}$	١١ - ٤	$5 \frac{3}{5} \cdot 4 \frac{2}{7} \cdot 3$	١٠ - ٤	$3 \frac{1}{3} \cdot 4 \frac{1}{5} \cdot \frac{2}{5}$	٩ - ٤
$3,33 \cdot 7,36 \cdot 8 \frac{3}{4}$	١٦ - ٤	$2,55 \cdot 9,24 \cdot 14 \frac{3}{5}$	١٥ - ٤	$5,6 \cdot 4 \frac{3}{8} \cdot 5 \frac{3}{5}$	١٤ - ٤	$4,8 \cdot 7 \frac{1}{8} \cdot 5 \frac{2}{5}$	١٣ - ٤
$\frac{2}{3} \div \frac{5}{6}$	٢٠ - ٤	$\frac{25}{26} \div \frac{5}{13}$	١٩ - ٤	$\frac{6}{7} \div \frac{3}{8}$	١٨ - ٤	$\frac{4}{5} \div \frac{4}{7}$	١٧ - ٤
$\frac{6}{11} \div 9$	٢٤ - ٤	$\frac{3}{7} \div 6$	٢٣ - ٤	$\frac{2}{3} \div \frac{5}{7}$	٢٢ - ٤	$5 \div \frac{2}{5}$	٢١ - ٤
$5 \frac{5}{6} \div 1 \frac{2}{5}$	٢٨ - ٤	$9 \frac{3}{7} \div 6$	٢٧ - ٤	$5 \frac{1}{6} \div 2 \frac{1}{2}$	٢٦ - ٤	$10 \frac{5}{6} \div 2 \frac{3}{5}$	٢٥ - ٤
$84 \div 5 \frac{1}{4}$	٣٢ - ٤	$75,25 \div 10 \frac{3}{4}$	٣١ - ٤	$14,28 \div 4 \frac{1}{5}$	٣٠ - ٤	$28,8 \div 3 \frac{1}{5}$	٢٩ - ٤

الحساب بكسور مزدوجة

ملاحظة : احسب كلا من البسط والمقام قبل الاختصار ثم احسب أولا قيم الأقواس . يسبق حساب الضرب والقسمة حساب الجمع والطرح (انظر الدرس الأول) .

$\frac{2 \cdot 0,8 + 3 \cdot \frac{2}{3}}{3 \frac{1}{5}}$	٤٠ - ٤	$\frac{0,3 + \frac{1}{4} \cdot 0,4}{\frac{2}{5}}$	٣٩ - ٤	$\frac{\frac{1}{4} \cdot \frac{5}{6} + \frac{9}{11}}{\frac{3}{8} \cdot \frac{7}{12} + \frac{3}{17}}$	٣٤ - ٤	$\frac{\frac{1}{3} \cdot \frac{3}{4} + \frac{2}{5}}{\frac{1}{6} \cdot \frac{7}{8} + \frac{3}{5}}$	٣٣ - ٤
$\frac{5 (7 \frac{2}{5} - 6,05)}{6 + \frac{3}{4}}$	٤٢ - ٤	$\frac{3 (3 \frac{1}{3} - 2,15)}{2,4 + \frac{3}{4}}$	٤١ - ٤	$\frac{\frac{7}{9} \cdot \frac{3}{36} + \frac{4}{16}}{\frac{7}{9} \cdot \frac{4}{16} + \frac{3}{16}}$	٣٦ - ٤	$\frac{\frac{5}{5} \cdot \frac{12}{35} + \frac{3}{25}}{\frac{5}{9} \cdot \frac{12}{35} + \frac{3}{25}}$	٣٥ - ٤
$\frac{\frac{1}{4} \cdot 3,75 + \frac{2}{5} \cdot 2,5}{\frac{5}{7} - \frac{4}{21}}$	٤٤ - ٤	$\frac{3 \frac{4}{5} \cdot 2,75 - 2 \frac{3}{4} \cdot 3}{4 \frac{1}{5} - 3 \frac{1}{10}}$	٤٣ - ٤	$\frac{\frac{8}{5} \cdot \frac{4}{5} + \frac{9}{12} \cdot \frac{7}{4}}{\frac{2}{4} \cdot \frac{3}{4} + \frac{2}{7} \cdot \frac{7}{4}}$	٣٨ - ٤	$\frac{9 \frac{1}{5} \cdot \frac{15}{2} + \frac{5}{18} \cdot \frac{7}{3}}{\frac{2}{5} \cdot \frac{15}{2} + \frac{1}{18} \cdot \frac{7}{3}}$	٣٧ - ٤

تمرينات :

٤ - ٥٢/٥١ اشترى ثلاثة شبان خيمة بمبلغ 330 SR (360) . دفع A ثلث المبلغ و B ثلاثة أخماسه ودفع C باقي المبلغ . أوجد قيمة ما دفعه كل منهم بالريال .

٤ - ٥٤/٥٣ يبلغ ثمن مكينة تفرير 20 000 SR (24 000) تم دفع $\frac{1}{4}$ ثمن الشراء نقدا وكتب شيك بثلاثة أخماس الثمن وظل الباقي دينا على المشتري . احسب :

- (أ) قيمة ما دفع نقدا .
(ب) قيمة المبلغ المدفوع بشيك .
(ج) قيمة المبلغ الباقي .

٤ - ٥٦/٥٥ وزع إرث مقداره 1890 SR (2730) بحيث يحصل A على $\frac{1}{7}$ الإرث ، B على السدس ، C على الخمس ، D على الربع ، E على الباقي . احسب :
(أ) نسبة نصيب E .
(ب) نصيب كل منهم من الميراث بالريال .

٤ - ٥٦/٥٥ يحصل A و B و C من عمل مشترك بينهم على 260 SR (340) . فإذا كان نصيب A هو $\frac{2}{5}$ و B هو $\frac{1}{4}$ و C هو الباقي من المبلغ . احسب :
(أ) نصيب C .
(ب) نصيب كل من A و B و C بالريال (SR) .

٤ - ٥٨/٥٧ ثمن زورق مطاطي هو 627 SR (948) . فإذا دفع A ثلث الثمن و B الربع و C الخمس ودفع D باقي المبلغ . احسب :
(أ) المبلغ الذي يدفعه D .
(ب) المبلغ الذي يدفعه كل منهم بالريال (SR) .

٤ - ٥٠/٤٩ لتعبئة 100١ من زيت التبريد في علب ، مُلئت أولا 15 (20) عليه سعة الواحدة 0,7١ وعبئ الباقي في علب سعة الواحدة $\frac{3}{4}$:
(أ) كم عدد العلب المستخدمة سعة $\frac{3}{4}$ ؟
(ب) كم لترا تبقى للعبئة الأخيرة ؟

التناسب البسيط

يعطى في كل مسألة في التناسب البسيط ثلاثة أعداد تحل بها المسألة على ثلاث خطوات ويعرف هذا في بعض الدول بالحساب بالقاعدة الثلاثية . وخطوات حل مسائل التناسب هي :
الخطوة الأولى وهي الفرض : وفيها تذكر معطيات المسألة (المعلوم) .
الخطوة الثانية أي الخطوة الوسطى : وفيها تستنتج قيمة أو مقدار الوحدة بدلالة المعطيات في الخطوة الأولى .
الخطوة الثالثة أي خطوة الحل : وفيها تستنتج قيمة أو مقدار الكمية المطلوبة بدلالة الوحدة التي أصبحت معلومة من الخطوة السابقة .
ويميز في حساب التناسب بين التناسب الطردي والتناسب العكسي .

التناسب العكسي

يزداد أحد العددين المعطيين في التناسب العكسي بينما ينقص العدد الآخر .

التناسب الطردي

يزداد العددين المعطيان أو ينقصان معا باضطراد في علاقات التناسب الطردي .

كلما زاد أحد العددين ، نقص الآخر كلما نقص أحد العددين ، زاد الآخر	
زيادة	
عدد العمال	5 4 3 2 1
الساعات اللازمة لإنجاز العمل	24 30 40 60 120
نقصان	

ملاحظة : في التناسب العكسي تجري عملية ضرب في الخطوة الوسطى (الثانية) وتجرى عملية قسمة في خطوة الحل (الثالثة) .
مثال (٢) : ينهي عشرة عمال عملا ما في 12 ساعة .
ما هو الزمن اللازم لإنهاء هذا العمل بواسطة أربعة عمال ؟
المطلوب : إيجاد الزمن اللازم لأربعة عمال لإنجاز العمل بالساعة .
الحل :

(١) الفرض : يحتاج عشرة عمال إلى 12 h لإنجاز العمل
(٢) الخطوة الوسطى : يحتاج عامل واحد إلى 12.10 h لإنجاز نفس العمل .
(٣) خطوة الحل : يحتاج أربعة عمال إلى :
 $\frac{12 \cdot 10}{4} = 30 \text{ h}$
يحتاج أربعة عمال إلى 30 h لإنجاز نفس العمل .

كلما زاد أحد العددين ، زاد الآخر كلما نقص أحد العددين ، نقص الآخر	
زيادة	
كمية الفولاذ (kg)	500 400 300 200 100
ثمن الفولاذ (SR)	380 304 228 152 76
زيادة	

ملاحظة : في التناسب الطردي تجري عملية قسمة في الخطوة الوسطى (الثانية) وتجرى عملية ضرب في خطوة الحل (الثالثة) .
مثال (١) : كم تكلف 40 kg من الفولاذ إذا كلفت 100 kg منه 76 SR ؟
المطلوب : حساب ثمن 40 kg من الفولاذ بالريال .
الحل :

(١) الفرض : 100 kg تكلف 76 SR
(٢) الخطوة الوسطى : 1 kg يكلف $\frac{76}{100}$ SR
(٣) خطوة الحل : 40 kg تكلف $\frac{76 \cdot 40}{100}$ SR
 $= 30,40 \text{ SR}$

تكلف 40 kg من الفولاذ 30,40 SR

التناسب المركب

تعطى في مسائل التناسب المركب أكثر من ثلاثة أعداد ، ويلزم لإيجاد الحل خطوتان على الأقل .
مثال (٣) : إذا كان أجر العامل الواحد في 8 h هو 67,20 SR ، فما هو أجر عاملين في 40 h بالريال ؟

الحل : المطلوب	أجر عاملين	في 40 ساعة	بالريال
(١) الفرض	أجر عامل واحد	في 8 ساعات هو	67,20 SR
(٢) الخطوة الوسطى	أجر عامل واحد	في ساعة واحدة هو	$\frac{67,20}{8}$ SR
(٣) خطوة الحل الأولى	أجر عامل واحد	في 40 ساعة هو	$\frac{67,20 \cdot 40}{8}$ SR
خطوة الحل الثانية	أجر عاملين	في 40 ساعة هو	$\frac{67,20 \cdot 40 \cdot 2}{8} = 672,00 \text{ SR}$
أجر عاملين في 40 ساعة هو 672,00 SR			

تمرينات

التناسب الطردي البسيط

٥ — ٩ تستهلك سيارة نقل 12,8 l من الوقود لكل 100 km ، فما المسافة التي يمكن قطعها اذا كان خزان السيارة يحتوي على 55 l من الوقود؟

٥ — ١٠ تستهلك سيارة 34 l من الوقود لقطع مسافة 355 km . احسب استهلاك السيارة لكل 100 km .

٥ — ١١ إذا قطعت سيارة مسافة 27 km في 18 min فكم كيلو مترا تقطعها في الساعة؟

٥ — ١٢ تحتاج سيارة نقل إلى 28 min لتقطع طريقا جبليا طوله 12 km . كم يلزم من الوقت لقطع مسافة أخرى طولها 7,8 km في طريق جبلي له نفس الميل؟

٥ — ١٣ ينتج عامل متخصص خمس قطع متماثلة في 23 h . أوجد أجره عن كل قطعة إذا كان أجره في الساعة 9,30 SR .

٥ — ١٤ تحتاج مهمة إلى 48 h لانجازها وعليه حسبت التكاليف بمقدار 1152,00 SR .

(أ) احسب التكاليف الزائدة بالريال ، اذا زاد الوقت اللازم بمقدار 16 h .

(ب) احسب الربح بالريال ، اذا أنجزت المهمة في 45 h .

٥ — ١٩ يحتاج قطار الى 9 h لقطع مسافة ما بسرعة 72 km/h . فكم يختصر من الوقت اذا زادت سرعة القطار بمقدار 10 km/h ؟

٥ — ٢٠ تقطع طائرة سرعتها 480 km/h رحلة ما في 165 min . ما مقدار التغير في زمن الطيران لنفس الرحلة إذا طارت الطائرة بسرعة 720 km/h ؟

٥ — ٢١ أرضية ما مغطاة بـ 30 لوحا خشبيا عرض الواحد منها 18 cm . فإذا أريد استبدال الألواح الخشبية بأخرى عرض الواحد منها 12 cm ، كم لوحا تلزم؟

٥ — ٢٢ أعدّ طبّاخ في معسكر به 35 مشتركا 1,43 l من الحساء لكل منهم . ما مقدار ما يحصل عليه كل مشترك إذا حضر 25 مشتركا فقط وتم توزيع الحساء عليهم بالكامل؟

٥ — ٢٦ تنتج أربعة أفران عالية 3320 t من الحديد الخام في 24 h . احسب ما تنتجه ثلاثة أفران في 8 h .

٥ — ٢٧ أنتج ثلاثة عمال فنيين 21 قطعة متماثلة خلال 12 يوما . كم قطعة ينتجها أربعة عمال في ستة أيام؟

٥ — ٢٨ أخذ خمسة مشتركين 100 l من المياه العذبة في رحلة بقارب لمدة سبعة أيام . كم لترا يأخذها :

(أ) ستة أشخاص في 8 أيام؟

(ب) ثمانية أشخاص في 10 أيام؟

٥ — ١ إذا كان أجر عامل فني هو 324,00 SR في 40 h ، فما مقدار ما يحصل عليه في 178 h ؟

٥ — ٢ إذا كان أجر عامل متخصص في 175 h هو 1745,00 SR فما مقدار ما يحصل عليه في 45 h ؟

٥ — ٣ إذا كان ثمن 144 مسمارا ملولبا هو 23,04 SR فما ثمن 28 مسمارا؟

٥ — ٤ إذا بيع 8 kg تفاح بمبلغ 17,28 SR فما ثمن 25 kg منه؟

٥ — ٥ كم كيلو جراما من القصدير تلزم لعمل سبيكة من البرونز زنتها 27,5 kg اذا كانت كل 40 kg من البرونز تحتوي على 5,6 kg من القصدير؟

٥ — ٦ تحتوي كل 100 kg من النحاس الأصفر المستخدم لصناعة المسامير الملولبة على 58 kg من النحاس . ما هي كمية النحاس اللازمة لصنع 32 kg من النحاس الأصفر؟

٥ — ٧ كم عدد الطوب المكوّن لقاعدة أساس حجمها 0,55 m³ إذا كان المتر المكعب يحتوي على 400 طوبة؟

٥ — ٨ إذا كان كل 65 l من الملاط (المونة) تحتوي على $\frac{1}{3}$ كيس من الأسمنت الذي يزن الكيس منه 50 kg فكم لترا من المونة يمكن صنعها من خمسة أكياس من هذا الأسمنت؟

التناسب العكسي البسيط

٥ — ١٥ قام خمسة عمال بتنظيف مكان ما في 15 h . فكم ساعة يحتاج إليها ثلاثة عمال للقيام بنفس العمل؟

٥ — ١٦ قام ثلاثة عمال بعمل حفرة لمسورة في 30 h . كم ساعة يحتاج إليها خمسة عمال للقيام بنفس العمل؟

٥ — ١٧ يلزم لعمل سائر حديقة زراعة 42 شجرة صنوبر تبعد كل منها عن الأخرى مسافة 50 cm فما هو البعد بين كل شجرتين إذا استخدمت 60 شجرة؟

٥ — ١٨ سلم ذو 8 درجات ارتفاع درجته 16 cm .

(أ) احسب الارتفاع الكلي للسلم بالسنتيمترات (cm) .

(ب) إذا استبدل السلم بأخر بنفس الطول وبه 7 درجات ، احسب ارتفاع الدرجة الجديدة .

التناسب المركب

٥ — ٢٢ تدفع مضختان 4800 l من المياه كل 24 h . كم لترا تدفعها خمس مضخات في عشر ساعات؟

٥ — ٢٤ تنجز مكنتان كبيرتان للغسيل 160 kg من الغسيل الملل في الساعة . كم كيلو جراما تنجزها خمسة مكنات في 8 h .

٥ — ٢٥ تنقل أربع عربات 240 t من التربة في 10 h . كم طنا تنقلها :

(أ) 3 عربات في 8 h ؟

(ب) 7 عربات في $7\frac{1}{2}$ h ؟

(ج) 5 عربات في $9\frac{1}{2}$ h ؟

حساب النسبة المئوية باستخدام القيمة المنسوب إليها وهي الأساس $b \triangleq 100\%$

تسمى $\frac{1}{100}$ من قيمة ما واحد في المائة (ويرمز لها بالعلامة %) ، $\frac{1}{1000}$ = واحد في الألف (ويرمز لها بالعلامة ‰) .
تظهر ثلاث كميات في حساب النسبة المئوية :

القيمة المنسوب إليها b (الأساس) تعطي النسبة المئوية p عدد الأجزاء في
هي الكمية التي ينسب إليها عند المائة مع الرمز (%) بينما تعطي النسبة
حساب النسبة المئوية (لاحظ الألفية عدد الأجزاء في الألف مع الرمز
الوحدات) (‰)

$$v = \frac{b \cdot p}{100\%}$$

$$p = \frac{v \cdot 100\%}{b}$$

$$b = \frac{v \cdot 100\%}{p}$$

مثال (٣) :

كم kg تعادل 7% من 600 kg ؟

الحل :

$$v = \frac{b \cdot p}{100\%} = \frac{600 \text{ kg} \cdot 7}{100} = 42 \text{ kg}$$

42 kg تعادل 7% من 600 kg

مثال (٢) :

كم في المائة تعادل 42 kg من 600 kg ؟

الحل :

$$p = \frac{v \cdot 100\%}{b} = \frac{42 \cdot 100\%}{600} = 7\%$$

42 kg من 600 kg تعادل 7%

مثال (١) :

ما هو عدد الكيلوجرامات التي تمثل 42 kg نسبة 7% منها ؟

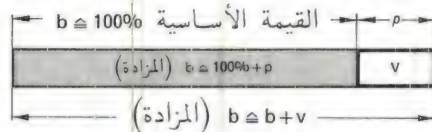
الحل :

$$b = \frac{v \cdot 100\%}{p} = \frac{42 \text{ kg} \cdot 100}{7} = 6000 \text{ kg}$$

42 kg تعادل 7% من 600 kg

حساب النسبة المئوية باستخدام القيمة الأساسية (القيمة المنسوب إليها) المحفظة أو المزايدة .

القيمة الأساسية المزايدة (b المزايدة)



$$\frac{100\% \cdot (المزايدة) b}{(100\% + p)} = \text{القيمة الأساسية}$$

مثال (٥) :

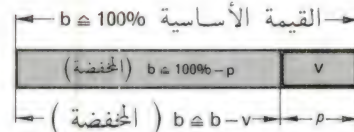
إذا بلغ الأجر في الساعة 6,72 SR بعد زيادة 12% . احسب الأجر قبل الزيادة .

الحل :

$$100\% + 12\% = 112\% \triangleq 6,72 \text{ SR}$$

$$100\% \triangleq \frac{6,72 \text{ SR} \cdot 100}{112} = 6,00 \text{ SR}$$

القيمة الأساسية المحفظة (b المحفظة)



$$\frac{100\% \cdot (المحفظة) b}{(100\% - p)} = \text{القيمة الأساسية}$$

مثال (٤) :

صرف مبلغ 204 SR بعد استقطاع 15% منه . احسب الأجر الإجمالي بالريال (SR) قبل الاستقطاع .

الحل :

$$100\% - 15\% = 85\% \triangleq 204 \text{ SR}$$

$$100\% \triangleq \frac{204 \text{ SR} \cdot 100}{85} = 240 \text{ SR}$$

حساب الفوائد

الفوائد هي عائد رأس المال . تحسب الفوائد على الريالات الصحيحة (تهمل كسور الريالات) في السنة أو في الشهر أو في اليوم . وتسمى النسبة المئوية سعر الفائدة (p) . وحساب الفوائد يعتبر عدد الأيام في العام 360 يوماً والشهر 30 يوماً ، ويمكن حل مسائل الفوائد باستخدام التناسب .

مثال : ما فائدة 250 SR في ثمانية شهور إذا كان سعر الفائدة 4% ؟

الحل : تعطي 250 SR في سنة واحدة بسعر فائدة قدرها 4% :

$$\frac{250 \cdot 4}{12}$$

تعطي 250 SR في شهر واحد بسعر فائدة قدرها 4% :

$$\frac{250 \cdot 4}{12} \cdot 8 = 6,67 \text{ SR}$$

تعطي 250 SR في ثمانية شهور بسعر فائدة 4% :

وتستخدم الرموز التالية في الصيغ الرياضية لتسهيل حساب الفوائد (الفائدة = I ، رأس المال = c ، سعر الفائدة = p)

حساب الفائدة في السنة	عدد السنين $c \cdot p \cdot I =$ 100%	حساب الفائدة في الشهر	عدد الشهور $c \cdot p \cdot I =$ 100% · 12	حساب الفائدة في اليوم	عدد الأيام $c \cdot p \cdot I =$ 100% · 360
-----------------------------	--	-----------------------------	---	-----------------------------	--

احسب القيمة المئوية			احسب النسبة المئوية			احسب قيمة النسبة المئوية		
رقم المسألة	النسبة المئوية	قيمة النسبة المئوية	رقم المسألة	القيمة الأساسية	قيمة النسبة المئوية	رقم المسألة	النسبة المئوية	القيمة الأساسية
٦ - ٩	4 %	14 SR	٦ - ٥	750	30	٦ - ١	3 %	1150 SR
٦ - ١٠	4 %	18 SR	٦ - ٦	750	37,5	٦ - ٢	3 %	675 km
٦ - ١١	15 %	60 cm	٦ - ٧	75	3,15	٦ - ٣	3 1/2 %	435 min
٦ - ١٢	15 %	75 cm	٦ - ٨	75	3,45	٦ - ٤	3 1/2 %	1240 SR

٦ - ١٦ إذا خُفِّصَ الوقت اللازم لعملية ما باستخدام مكنة جديدة من 72 min إلى 26 min . احسب النسبة المئوية للتوفير في الوقت .

٦ - ١٧ احسب مقدار الزيادة المئوية في الراتب الشهري إذا ما رفع من 900 SR إلى 1040 SR ؟

٦ - ١٨ إذا عرض مبلغ 3150 SR ثمنًا لسيارة مستعملة علما بأن سعرها وهي جديدة 7200 SR . احسب النسبة المئوية لنقص قيمة السيارة .

٦ - ١٣ إذا أعطى بائع خصما قدره 3 % على قائمة حساب بمبلغ 1280 SR على أن تدفع نقداً ، فما قيمة الخصم بالريال ؟

٦ - ١٤ إذا تم التأمين ضد الحريق على أثاث منزل بقيمة 13500 SR بسعر الفائدة 1,8 % من القيمة الأساسية ، فما مقدار القسط السنوي للتأمين بالريال ؟

٦ - ١٥ احسب الأجر الكلي إذا كانت النسبة المئوية للخصم ، وقدره 34 SR هي 14 % منه .

حساب النسبة المئوية باستخدام القيمة الأساسية المركبة (مزادة أو مخفضة)

٦ - ٢٢ إذا تقرر معاش تقاعد لشخص ما بنسبة 66 % من دخله أثناء الخدمة فبلغ المعاش 594 SR . ما قيمة راتبه أثناء الخدمة ؟

٦ - ٢٣ إذا تبقى مبلغ 756 SR لشخص ما بعد دفع الإيجار الذي يمثل 16 % من دخله الشهري . فما قيمة الإيجار ؟

٦ - ٢٤ ما وزن المادة الخام اللازمة لصنع قطعة شغل تزن 32 kg إذا استهلك 68 % من المادة الخام أثناء التشغيل على شكل رائش ؟

٦ - ١٩ إذا كُفِّت سيارة ما بمبلغ 5500 SR بعد تخفيض الأسعار بمقدار 6 % . ما ثمنها قبل التخفيض ؟

٦ - ٢٠ إذا سحب عميل 35 % من رصيده وتبقى مبلغ 2500 SR ، ما قيمة المبلغ المسحوب بالريالات ؟

٦ - ٢١ يبلغ الأجر الأسبوعي لملاحظ عمال في عمله الجديد 403,75 SR بزيادة قدرها 14 % عن أجره السابق . احسب مقدار الزيادة بالريالات .

حساب الفوائد

احسب الفوائد :

٦ - ٣٣ اقترض مالك عقار تحت الإنشاء مبلغا قدره 12 700 SR بسعر فائدة 9 % لمدة أربعة أشهر . ما قيمة الفائدة ؟

٦ - ٣٤ أودع مبلغ للتوفير قدره 2 600 SR بسعر فائدة 5 % ، وبعد خمس سنوات سحب المبلغ من التوفير متضمنًا الفوائد المركبة . احسب المبلغ النهائي .

٦ - ٣٥ تبلغ الفوائد السنوية لقرض ما 154 SR . فما قيمة القرض إذا كان سعر الفائدة 6 % ؟

٦ - ٣٦ ما قيمة رأس المال المستثمر ليعطي دخلا شهريا قدره 450 SR إذا كان سعر الفائدة 4 1/2 % ؟

٦ - ٣٧ يعطي رصيد قدره 2 400 SR فوائد سنوية مقدارها 78 SR . فما هو سعر الفائدة ؟

٦ - ٣٨ تم تسديد قرض قيمته 6 200 SR ، بعد 18 يوما بمبلغ 6294 SR . احسب سعر الفائدة المتفق عليه .

٦ - ٣٩ اقترض شخص مبلغ 3 600 SR في أول يناير بسعر فائدة قدره 6 1/2 % . متى يصبح المبلغ وفوائده 3 800 SR ؟

٦ - ٤٠ في كم يوم يعطي مبلغ 2 200 SR فائدة قدرها 54,50 SR إذا كان سعر الفائدة 4 1/2 % ؟

رأس المال بالريال (SR)	سعر الفائدة (%)	المدة (t)
٢٥ - ٦	4	1/2 عام
٢٦ - ٦	5	1/2 عام

احسب رأس المال :

الفوائد بالريال (SR)	سعر الفائدة (%)	المدة (t)
٢٧ - ٦	4,5	1 عام
٢٨ - ٦	3,5	1 عام

احسب سعر الفائدة :

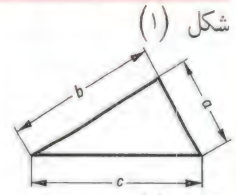
الفوائد بالريال (SR)	رأس المال بالريال (SR)	المدة (t)
٢٩ - ٦	400	1 عام
٣٠ - ٦	350	1 عام

احسب المدة :

الفوائد بالريال (SR)	رأس المال بالريال (SR)	سعر الفائدة (%)
٣١ - ٦	4 000	4,5
٣٢ - ٦	5 000	4,75

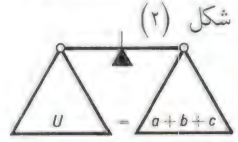
خصائص ومكونات الصيغ الرياضية — الصيغة الرياضية كمعادلة

تنص القاعدة الخاصة بحساب محيط مثلث كالمين في شكل (١) على أن: طول المحيط $U = \text{طول الضلع } a + \text{طول الضلع } b + \text{طول الضلع } c$. وتعبّر $U=a+b+c$ بطريقة مختصرة عن صيغة الطول.



$U=a+b+c$ (عبارة عن صيغة رياضية).

تحتوي الصيغ الرياضية على رموز الصيغة (a, b, c, U) والعلامات الحسابية ($=$ و $+$) ولها طرفان متساويان هما الطرف الأيمن والطرف الأيسر ولذا توضع بينهما علامة التساوي. وتستخدم الصيغ الرياضية كمعادلات، ويوضع المجهول المطلوب تعيينه على يسار علامة التساوي ويرمز للمعادلة بميزان في حالة توازن، شكل (٢).



الحساب باستعمال رموز الصيغ الرياضية

للمثلث المتساوي الأضلاع: $I_1=I_2=I_3=1$

ومنها: $U=1+1+1$; $U=3 \cdot 1$; $U=3I_1$

لاحظ أنه يمكن جمع الحروف الأبجدية أي أنه يمكن استخدامها في الحساب.

أمثلة:

$$2d + 3d = 5d$$

$$1d = d$$

$$2a + 2d = ?$$

$$2a + 3d + 4a =$$

$$2a + 4a + 3d =$$

$$6a + 3d$$

الجمع:

تجمع المعاملات فقط ($2+3=5$)

لا يكتب المعامل 1 (واحد)

لا يمكن جمعها لاختلاف الرموز

ترتب الحدود أبجدياً ثم تجمع

الحدود ذات الرموز المتشابهة

أمثلة:

$$5d - 3d = 2d$$

$$5d - 3a = ?$$

$$5a - 3d - 2a =$$

$$5a - 2a - 3d =$$

$$3a - 3d$$

الطرح:

تطرح المعاملات

لا تطرح لاختلاف الرموز

ترتب الحدود أبجدياً،

ثم تطرح الحدود ذات الرموز المتشابهة

أمثلة:

$$3 \cdot a = 3a$$

$$3 \cdot 5 = 35$$

$$2 \cdot 0 = 0$$

$$d \cdot 0 = 0; d \cdot 1 = d$$

$$d \cdot d = d^2 \text{ (وليس } 2d \text{)}$$

$$3a \cdot 5d = 15 a d$$

الضرب:

لا تكتب علامة الضرب

احترس من الخطأ عند كتابة الأعداد

لاحظ الفروق:

d^2 كمية أسية

تضرب المعاملات

أمثلة:

$$6d \div 3 = 2d$$

$$6d \div 3d = 6:3 = 2$$

$$d \div d = 1$$

$$0 \div d = 0$$

$$d \div 0 = ?$$

القسمة:

تقسم المعاملات

تقسم المعاملات

وتختصر الرموز

الصفير غير قابل للقسمة

لا يجوز القسمة على صفر

رموز الصيغ الرياضية

بعض الرموز الرياضية العامة
(مختارات من مراجع عالمية)

الرمز	الكمية	الرمز	الكمية
γ, β, α	الزاوية	F	القوة
l	الطول	G	الثقل (الوزن)
b	العرض	p	الضغط
h	الارتفاع	M	العزم
r	نصف القطر	μ	معامل الاحتكاك
d	القطر	W	الشغل
s	المسافة	P	القدرة
A	المساحة	η	الكفاءة
S	مساحة المقطع	t, θ	درجة الحرارة
V	الحجم		(بالتدرج المئوي)
t	الزمن — الفترة	n	السرعة الدورانية
	الزمنية	σ	إجهاد الشد (أو الضغط)
v	السرعة	U	الجهد الكهربائي
m	الكتلة، الكمية	I	شدة التيار الكهربائي
ρ	الكثافة $\rho = \frac{m}{V}$	R	المقاومة الكهربائية

تستخدم الحروف اللاتينية واليونانية بالحجم الكبير والصغير وغالباً ما يكون لها تعريف قياسي موحد المعنى.

suffix: لكتابة $U=a+b+c$ باستخدام رمز الدليل للطول l نستبدل a بالرمز l_1 ، b بالرمز l_2 ، c بالرمز l_3 وعندئذ يكون $U=l_1+l_2+l_3$ ويسمى العدد السفلي أو الحرف السفلي بالدليل ويستخدم للفرقة بين الرموز المتكررة.

التعويض في الصيغ الرياضية:

مثال: احسب طول المحيط U مستخدماً الصيغة الرياضية

$$U=l_1+l_2+l_3 \text{ إذا كان:}$$

$$l_1=31 \text{ mm}, l_2=42 \text{ mm}, l_3=53 \text{ mm}$$

خطوات الحل: يتبع الترتيب الآتي:

(١) تكتب المعادلة بالرموز

(٢) يعوض عن الرموز بالقيم العددية

(٣) تكتب الإجابة بالوحدات ويوضع خط أسفلها.

الحل:

$$(١) U=l_1+l_2+l_3$$

$$(٢) U=31 \text{ mm} + 42 \text{ mm} + 53 \text{ mm}$$

$$(٣) U=126 \text{ mm}$$

التعويض :

١ - احسب طول المحيط U باستخدام $U = l_1 + l_2 + l_3$ إذا كان :
 $l_3 = 0,75 \text{ m}$, $l_2 = 0,45 \text{ m}$, $l_1 = 0,65 \text{ m}$

٢ - احسب طول المحيط U وذلك بالتعويض في الصيغة
 $U = l_1 + l_2 + l_3$ بالقيم التالية : $l_3 = 13 \text{ cm}$, $l_2 = 45 \text{ cm}$, $l_1 = 82 \text{ cm}$
 ٣ - إلى ٧ - ١٠ عوض في الصيغ الآتية بالقيم $m = 9$, $n = 6$
 $k = 72$, $l = 18$, واحسب قيمة x المناظرة :

$$x = k + l + m + n \quad ٣ - \gamma$$

$$x = k + l + m - n \quad ٤ - \gamma$$

$$x = k + l - m - n \quad ٥ - \gamma$$

$$x = k + l - m + n \quad ٦ - \gamma$$

$$x = k - l - m - n \quad ٧ - \gamma$$

$$x = k - l - m + n \quad ٨ - \gamma$$

$$x = k - l + m + n \quad ٩ - \gamma$$

$$x = k - l + m - n \quad ١٠ - \gamma$$

اجمع :

$$m + m + m \quad ١١ - \gamma$$

$$d + d + d \quad ١٢ - \gamma$$

$$a + 2a + 3a \quad ١٣ - \gamma$$

$$5c + c + 2c \quad ١٤ - \gamma$$

$$m + n + m \quad ١٥ - \gamma$$

$$a + b + a \quad ١٦ - \gamma$$

$$7c + 3c + 10 \quad ١٧ - \gamma$$

$$5a + 2a + 7 \quad ١٨ - \gamma$$

$$3a + b + 2a + 3b + a + 5b + b + 4a \quad ١٩ - \gamma$$

$$4c + 2m + 7c + m + 2c + 3m + c \quad ٢٠ - \gamma$$

$$3d + 4k + 5h + k + 2h + d + 5k + h \quad ٢١ - \gamma$$

$$4r + s + 2t + r + 5s + t + 2r + 3t \quad ٢٢ - \gamma$$

$$0,36 + 0,6c + 1,5g + 2c + 0,1g + g \quad ٢٣ - \gamma$$

$$2,1m + 3,4p + 7,8m + 0,5p + 1,1m + 1,1 \quad ٢٤ - \gamma$$

$$\frac{2}{5}a + \frac{3}{4}a + \frac{1}{6} \quad ٢٥ - \gamma$$

$$\frac{2}{3}b + \frac{1}{4}b + \frac{1}{5} \quad ٢٦ - \gamma$$

$$\frac{1}{5}t + \frac{2}{3}t + t \quad ٢٧ - \gamma$$

$$\frac{1}{8}k + \frac{3}{4}k + k \quad ٢٨ - \gamma$$

اطرح :

$$m - m \quad ٢٩ - \gamma$$

$$n - n \quad ٣٠ - \gamma$$

$$15l - 12l \quad ٣١ - \gamma$$

$$6a - 2a \quad ٣٢ - \gamma$$

$$3a - 2a - 7 \quad ٣٣ - \gamma$$

$$4x - 3x - 9 \quad ٣٤ - \gamma$$

$$4g - 2g - g \quad ٣٥ - \gamma$$

$$5f - 2f - f \quad ٣٦ - \gamma$$

$$4a - 3a - b \quad ٣٧ - \gamma$$

$$6r - 5r - t \quad ٣٨ - \gamma$$

$$18s - 5s - 3s - s - 4s - 2s - s \quad ٣٩ - \gamma$$

$$14r - 3r - r - 5r - 2r - r \quad ٤٠ - \gamma$$

$$3,9b - 1,8b - b - 0,4b - 0,15b \quad ٤١ - \gamma$$

$$2,8y - y - 0,16y - 0,7y - 0,5y \quad ٤٢ - \gamma$$

اجمع واطرح :

$$9a + 3a + 4c + c + 4d - 3d - d \quad ٤٣ - \gamma$$

$$16m - 15m + 16n - 14n + 7p - 4p \quad ٤٤ - \gamma$$

$$7l - 3m + 5n + 7m - 6l + 2n - 4m \quad ٤٥ - \gamma$$

$$14g + 32 - 5k - 7g + 8 - 3h + 7g + k \quad ٤٦ - \gamma$$

$$8a - 5c - 7d + 2a - 9a + 8c + 7d \quad ٤٧ - \gamma$$

$$16r + 15s + 12t - 15r - 14s - 11t \quad ٤٨ - \gamma$$

$$0,2x + 0,3x - 0,12y + 2,5z + 1,2y \quad ٤٩ - \gamma$$

$$1,5c + 1,3d - 1,4c - 0,2d + 0,5e \quad ٥٠ - \gamma$$

اضرب :

$$5 \cdot 3a \quad ٥١ - \gamma$$

$$12 \cdot 3b \quad ٥٢ - \gamma$$

$$5c \cdot 3a \quad ٥٣ - \gamma$$

$$8m \cdot 5n \quad ٥٤ - \gamma$$

$$3a \cdot 4c \cdot 5x \quad ٥٥ - \gamma$$

$$2r \cdot 3s \cdot 4t \quad ٥٦ - \gamma$$

$$5m \cdot 7 \cdot 3n \cdot 6 \quad ٥٧ - \gamma$$

$$4x \cdot 3 \cdot 5y \cdot 4 \quad ٥٨ - \gamma$$

$$2k \cdot 3m \cdot 5n \cdot 0,2p \cdot 0,1r \cdot 0,05l \quad ٥٩ - \gamma$$

$$5c \cdot 7a \cdot 0,1d \cdot 1,5e \cdot 0,02f \cdot 15 \quad ٦٠ - \gamma$$

$$0,2x \cdot 0,3y \cdot 0,4z \cdot 1,5a \cdot 1,1b \cdot 10 \quad ٦١ - \gamma$$

$$x \cdot 2y \cdot 3z \cdot 0,4u \cdot 2 \cdot 5v \cdot 100 \quad ٦٢ - \gamma$$

$$\frac{3}{4}a \cdot \frac{4}{5}b \cdot \frac{1}{2} \quad ٦٣ - \gamma$$

$$\frac{2}{5}f \cdot \frac{3}{4}k \cdot \frac{5}{6} \quad ٦٤ - \gamma$$

$$0,5r \cdot \frac{2}{7}t \quad ٦٥ - \gamma$$

$$\frac{3}{8}m \cdot 2n \quad ٦٦ - \gamma$$

اقسم :

$$8d \div 4d \quad ٧٥ - \gamma \quad 4a \div 4 \quad ٦٧ - \gamma$$

$$10f \div 2f \quad ٧٦ - \gamma \quad 3c \div 3 \quad ٦٨ - \gamma$$

$$6ax \div 3x \quad ٧٧ - \gamma \quad 4a \div a \quad ٦٩ - \gamma$$

$$8bx \div 4b \quad ٧٨ - \gamma \quad 3c \div c \quad ٧٠ - \gamma$$

$$xy \div xz \quad ٧٩ - \gamma \quad 2a \div 4 \quad ٧١ - \gamma$$

$$ab \div ac \quad ٨٠ - \gamma \quad 3d \div 6 \quad ٧٢ - \gamma$$

$$15a \div 3b \quad ٨١ - \gamma \quad a \div 1 \quad ٧٣ - \gamma$$

$$9x \div 3y \quad ٨٢ - \gamma \quad d \div 1 \quad ٧٤ - \gamma$$

$$\frac{3}{4}a \div \frac{4}{5}b \quad ٨٧ - \gamma \quad \frac{45r \cdot 5s \cdot 7t}{9r \cdot s \cdot t} \quad ٨٣ - \gamma$$

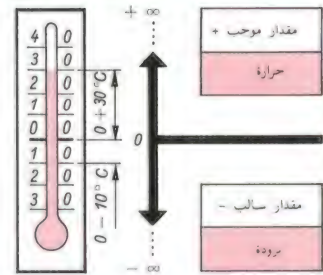
$$\frac{2}{5}f \div \frac{3}{4}k \quad ٨٨ - \gamma \quad \frac{36l \cdot 14m \cdot 3n}{14l \cdot 12m \cdot n} \quad ٨٤ - \gamma$$

$$5r \div \frac{3}{4}f \quad ٨٩ - \gamma \quad \frac{33abc}{55bcx} \quad ٨٥ - \gamma$$

$$3m \div \frac{2}{5}n \quad ٩٠ - \gamma \quad \frac{72hklm}{90hmf} \quad ٨٦ - \gamma$$

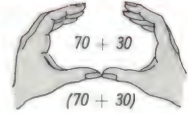
القيم النسبية

تعني القراءة $+30^{\circ}\text{C}$ لدرجة الحرارة بالتفصيل ($0+30^{\circ}\text{C}$) بينما القراءة -10°C فتعني ($0-10^{\circ}\text{C}$). وتسمى القيمة المنسوبة للصفر بالقيمة النسبية ويتم التعرف عليها من إشارتها. وتمتد الأعداد من $-\infty$ مارة بالصفر إلى $+\infty$ (∞ تقرأ مالا نهاية). وتسمى الأعداد من 0 إلى $+\infty$ بالأعداد الموجبة وتسبقها الإشارة الموجبة (+) بينما تسمى الأعداد من $-\infty$ إلى 0 بالأعداد السالبة وتسبقها الإشارة السالبة (-). ويجوز في حالة الأعداد الموجبة عدم كتابة الإشارة بينما لا يصح ذلك في حالة الأعداد السالبة ويسمى العدد بدون إشارته بالقيمة المطلقة للعدد.



الأقواس: تضم الأقواس الكميات التي ينتمي بعضها إلى بعض

مثال: أوجد قيمة $70+30 \div 10$. الحل: $70+30 \div 10 = 70 + \frac{30}{10} = 70+3=73$. تتم هنا عملية القسمة أولاً ثم الجمع وذلك لأن حساب الضرب والقسمة يسبق حساب الجمع والطرح. فإذا ما وجب الحساب بطريقة أخرى لكي يجمع $70+30$ أولاً ثم يقسم على 10 وجب وضع قوسين حول المجموع وتكتب كما يلي: $(70+30) \div 10 = 100 \div 10 = 10$.



الحساب بالقيم النسبية

الطرح

$$\begin{aligned} +9 - (+5) &= 9 - 5 = 4 \\ +9 - (-5) &= 9 + 5 = 14 \\ -9 - (+5) &= -14 \\ -9 - (-5) &= -4 \end{aligned}$$

الجمع

$$\begin{aligned} +9 + (+5) &= 9 + 5 = 14 \\ +9 + (-5) &= 9 - 5 = 4 \\ -9 + (+5) &= -4 \\ -9 + (-5) &= -14 \end{aligned}$$

خطوات الحل: تفك أولاً الأقواس ثم:

- (١) تجمع الأعداد متماثلة الإشارة ويأخذ المجموع نفس الإشارة.
- (٢) يطرح العدد الصغير من العدد الكبير في الأعداد مختلفة الإشارة ويأخذ باقي الطرح إشارة العدد الكبير.

القسمة

$$\begin{aligned} 9 \div (+5) &= 9 \div 5 = 1,8 \\ 9 \div (-5) &= -1,8 \\ -9 \div (+5) &= -9 \div 5 = -1,8 \\ -9 \div (-5) &= 1,8 \\ \frac{+a}{+b} &= \frac{a}{b} & \frac{-a}{+b} &= -\frac{a}{b} \\ \frac{+a}{-b} &= -\frac{a}{b} & \frac{-a}{-b} &= \frac{a}{b} \end{aligned}$$

الضرب

$$\begin{aligned} 9(+5) &= 9 \cdot 5 = 45 \\ 9(-5) &= -45 \\ -9(+5) &= -9 \cdot 5 = -45 \\ -9(-5) &= 45 \\ a(+b) &= +ab = ab \\ a(-b) &= -ab \\ -a(+b) &= -ab \\ -a(-b) &= +ab = ab \end{aligned}$$

الحساب بالأقواس

إذا سبقت القوس إشارة موجبة (+)

إذا سبقت القوس إشارة سالبة (-)

$$\begin{aligned} 6 - (18 - 5) &= \\ 6 - 18 + 5 &= -7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6 + (18 - 5) &= \\ 6 + 18 - 5 &= 19 \end{aligned}$$

إرشادات:

إذا سبقت القوس إشارة سالبة تعكس الإشارات داخل الأقواس ثم يكمل الحساب.

إذا سبقت القوس إشارة موجبة تلغى الأقواس ثم يكمل الحساب.

إذا تلا القوس رقم مقسوم عليه (قوس مع مقسوم عليه)

$$\begin{aligned} (18 - 5) \div 6 &= \\ 18 \div 6 - 5 \div 6 &= 2 \frac{1}{6} \end{aligned}$$

إذا سبق القوس عامل ضرب (قوس مع عامل ضرب)

$$\begin{aligned} 6(18 - 5) &= \\ 6 \cdot 18 - 6 \cdot 5 &= \\ 108 - 30 &= 78 \end{aligned}$$

إرشادات:

إذا تلا القوس رقم مقسوم عليه يقسم كل حد داخل القوسين على المقسوم عليه.

إذا سبق القوس عامل ضرب يضرب كل ما بداخل القوسين في العامل.

القوس المزدوج: $15 - [12 + (3 - 6) + 4] = 15 - [12 + 3 - 6 + 4] = ?$

$$15 - 12 - 3 + 6 - 4 = 15 + 6 - 12 - 3 - 4 = 21 - 19 = 2$$

في حالة الأقواس المزدوجة تفك أولاً الأقواس الدائرية (الداخلية) ثم الأقواس المربعة (الخارجية). يُراعى تغيير الإشارات.

ضرب قوسين: $(a+b) \cdot (a+b) = a \cdot a + a \cdot b + b \cdot a + b \cdot b = ?$

$$a^2 + ab + ab + b^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

في حالة ضرب قوسين يضرب كل حد داخل القوس الأول في جميع حدود القوس الثاني ثم يختصر.

أخذ عامل مشترك خارج الأقواس

$$2ac + 5ad + 4a = (3) \quad (1) \quad 3 \cdot 5 - 3 \cdot 7 + 3 \cdot 12 =$$

$$a(2c + 5d + 4)$$

$$U = 2I_1 + 2I_2 \quad (4) \quad 4r + 8s + 12t =$$

$$U = 2(I_1 + I_2) \quad 4(r + 2s + 3t)$$

في عمليات ضرب وقسمة الأقواس:			
تعطي الإشارتان المتماثلتان قيمة موجبة			
$(+) \cdot (+) = +$		$(+) \div (+) = +$	
$(-) \cdot (-) = +$		$(-) \div (-) = +$	
وتعطي الإشارتان المختلفتان قيمة سالبة			
$(+) \cdot (-) = -$		$(+) \div (-) = -$	
$(-) \cdot (+) = -$		$(-) \div (+) = -$	

تمرينات
القيم النسبية
الجمع

$+2b + (+3b)$	١ — Λ
$+3a + (+2a)$	٢ — Λ
$+5x + (-3x)$	٣ — Λ
$+7c + (-7c)$	٤ — Λ
$-9b + (+6b)$	٥ — Λ
$-3x + (+2x)$	٦ — Λ
$-8d + (-3d)$	٧ — Λ
$-6m + (-m)$	٨ — Λ
$-9 + (+7)$	٩ — Λ
$-14 + (+15)$	١٠ — Λ

الطرح

$+10 - (+12)$	١١ — Λ
$+12 - (+10)$	١٢ — Λ
$+22 - (-8)$	١٣ — Λ
$+18 - (-2)$	١٤ — Λ
$+6 - (+6)$	١٥ — Λ
$-9 - (-9)$	١٦ — Λ
$9a - (-5a)$	١٧ — Λ
$6x - (+5x)$	١٨ — Λ
$8n - (+9n)$	١٩ — Λ
$14a - (-6a)$	٢٠ — Λ
$-6m - (+6m)$	٢١ — Λ
$-4l - (-4l)$	٢٢ — Λ
$-8s - (-7s)$	٢٣ — Λ
$-6a - (+7a)$	٢٤ — Λ
$-4 - (-5)$	٢٥ — Λ
$-9 - (+9)$	٢٦ — Λ

الضرب

$+5(-6)$	٢٧ — Λ
$-4(+3)$	٢٨ — Λ
$-8(-9)$	٢٩ — Λ
$-7(-2)$	٣٠ — Λ
$+2(-3a)$	٣١ — Λ
$+5(-7b)$	٣٢ — Λ
$+2b(-15)$	٣٣ — Λ
$+4x(-8)$	٣٤ — Λ
$-5c(+3a)$	٣٥ — Λ
$-6d(+4b)$	٣٦ — Λ
$+6x(-3b)$	٣٧ — Λ
$+8l \cdot (-2z)$	٣٨ — Λ
$(-n) \cdot (-m)$	٣٩ — Λ
$(-n) \cdot (+m)$	٤٠ — Λ
$3a(-3b)$	٤١ — Λ
$5b(-d)$	٤٢ — Λ
$-x(+4c)$	٤٣ — Λ
$-y(+4x)$	٤٤ — Λ

قسمة ما في داخل القوس

$(5a + 5c) \div 5$	٨٧ — Λ
$(12x + 12y) \div 6$	٨٨ — Λ
$(20m + 8n) \div 4$	٨٩ — Λ
$(18r + 6s) \div 6$	٩٠ — Λ
$(ax + bx) \div x$	٩١ — Λ
$(ab + ac) \div a$	٩٢ — Λ
$(8bc + 4bd) \div 4b$	٩٣ — Λ
$(9gh + 3gl) \div 3g$	٩٤ — Λ
$(12x + 9y + 3z) \div 3xy$	٩٥ — Λ
$(8cd - 4cde) \div 2cd$	٩٦ — Λ

الأقواس المزدوجة

$17 - [10 - (3 - 15)]$	٩٧ — Λ
$38 + [-10 - (25 - 6)]$	٩٨ — Λ
$85 - [30 + (40 - 10)]$	٩٩ — Λ
$115 + [60 - (70 - 45)]$	١٠٠ — Λ
$4[(63 - 17) - (28 - 15)]$	١٠١ — Λ
$3[31 - 5(47 - 53)]$	١٠٢ — Λ
$3a - [9a + (b + 15)]$	١٠٣ — Λ
$5x + [2y - (x + y)]$	١٠٤ — Λ
$18c - [(8c + 15m) - 4m]$	١٠٥ — Λ
$4n + [- (3n + 2m) + m]$	١٠٦ — Λ
$2a[3b - (2b + 3c)]$	١٠٧ — Λ
$3d[- (5r + 7s) + 5r]$	١٠٨ — Λ

ضرب الأقواس

$(a + 1)(a + 1)$	١٠٩ — Λ
$(a - 1)(a - 1)$	١١٠ — Λ
$(a + 1)(a - 1)$	١١١ — Λ
$(x + 2)(x + 2)$	١١٢ — Λ
$(2a + 2)(2a + 2)$	١١٣ — Λ
$(3x + 4)(3x - 4)$	١١٤ — Λ
$(a + 3)(b + 4)$	١١٥ — Λ
$(a + b)(x - y)$	١١٦ — Λ
$(a + b)(a + b + c)$	١١٧ — Λ
$(x + y)(x - y + c)$	١١٨ — Λ

إخراج معاميل مشترك

$9 \cdot 13 + 3 \cdot 13 - 7 \cdot 13$	١١٩ — Λ
$15 \cdot 23 - 23 \cdot 7 + 12 \cdot 23$	١٢٠ — Λ
$4a + 4b$	١٢١ — Λ
$5x + 5y$	١٢٢ — Λ
$4d + 4e - 4f$	١٢٣ — Λ
$ry - sy - ty$	١٢٤ — Λ
$ab - a - ac$	١٢٥ — Λ
$mx + my - m$	١٢٦ — Λ
$72a + 24b - 42c$	١٢٧ — Λ
$60xy - 15xz - 10xa$	١٢٨ — Λ
$18bc - 15b + 12bd$	١٢٩ — Λ
$25mn + 5mp - 3m$	١٣٠ — Λ

القسمة

$+xy \div (-y)$	٤٥ — Λ
$-ab \div (+a)$	٤٦ — Λ
$6a \div (-6)$	٤٧ — Λ
$-6a \div (-6)$	٤٨ — Λ
$ax \div (-a)$	٤٩ — Λ
$-6x \div (-x)$	٥٠ — Λ
$4ab \div (-2a)$	٥١ — Λ
$15ax \div (-3a)$	٥٢ — Λ
$-12a \div (+4)$	٥٣ — Λ
$15b \div (-3)$	٥٤ — Λ
$-9m \div (-9)$	٥٥ — Λ
$-3f \div (-f)$	٥٦ — Λ

الأقواس

$a + (a + 5)$	٥٧ — Λ
$b + (8 + 5b)$	٥٨ — Λ
$3a + (a - b)$	٥٩ — Λ
$3a + (8 - a)$	٦٠ — Λ
$5x + (2x + y)$	٦١ — Λ
$2a + (7a + 5b)$	٦٢ — Λ
$(15 - m) + (m + 7)$	٦٣ — Λ
$(8 + n) + (7 - n)$	٦٤ — Λ

- قوس

$15 - (5 + a)$	٦٥ — Λ
$6 - (b - 10)$	٦٦ — Λ
$2a - (8 - a)$	٦٧ — Λ
$5x - (12 + x)$	٦٨ — Λ
$l + m - (l - m)$	٦٩ — Λ
$c - d - (c + d)$	٧٠ — Λ
$7x - (4x + 6)$	٧١ — Λ
$5u - (18 + 3u)$	٧٢ — Λ
$x - (x - y + z)$	٧٣ — Λ
$l - (-l + m + n)$	٧٤ — Λ

ضرب معاميل في قوس

$5(x + 3)$	٧٥ — Λ
$9(b - 4)$	٧٦ — Λ
$6(b + c)$	٧٧ — Λ
$7(d + e)$	٧٨ — Λ
$-2(2l + 3)$	٧٩ — Λ
$-5(3m + 4)$	٨٠ — Λ
$4(2x + 5y)$	٨١ — Λ
$5(3b - 4d)$	٨٢ — Λ
$b(x - 1)$	٨٣ — Λ
$c(d + 1)$	٨٤ — Λ
$-x(a - b + c)$	٨٥ — Λ
$-5(x + y - z)$	٨٦ — Λ

٩ - التبديل : حاصل الجمع وباقي الطرح (التبديل هو استنتاج صور أخرى من الصيغة الرياضية الأصلية)

باستخدام الصيغة $U = I_1 + I_2 + I_3$ لا يتم حساب محيط المثلث فقط ، وإنما يمكن حساب طول أي ضلع فيه أيضاً ، وذلك بتبديل الحدود في الصيغة ، بحيث لا يظهر في الطرف الأيسر U كقيمة مطلوب إيجادها ، وإنما يظهر I_1 أو I_2 أو I_3 ويرمز غالباً للقيمة المجهولة بالرمز x .

تبديلات :

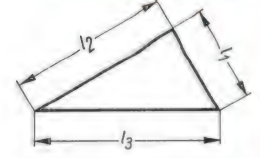
$$I_1 = U - I_2 - I_3$$

$$I_2 = U - I_1 - I_3$$

$$I_3 = U - I_1 - I_2$$

الصيغة الرياضية الأصلية :

$$U = I_1 + I_2 + I_3$$



يكتفي من إيجاد إجراء عملية التبديل بحفظ الصيغة الرياضية الأصلية فقط

٢ - يجب الحفاظ على التوازن بين طرفي المعادلة ، أي أنه يمكن إجراء الآتي بالنسبة لطرفي المعادلة معاً :
(أ) إضافة أو طرح قيم متساوية .
(ب) الضرب في قيم متساوية أو القسمة على قيم متساوية .

تجرى التبديلات في المعادلات على خطوات ، تبعاً لقواعد محددة ، حتى تظهر القيمة المطلوب إيجادها منفردة في أحد الطرفين .

ملاحظة :

١ - لا يجوز أثناء التبديل حذف أو نسيان أي حد من حدود الصيغة الرياضية الأصلية .

التبديل باستخدام قاعدة نقل الحدود

التبديل بالإكمال والاختصار

مسألة (٢) :

مسألة رقم (١) :

أوجد قيمة I_2 بإجراء التبديل على الصيغة : $U = I_1 + I_2 + I_3$ وراقب تغيير إشارة كل من I_1 ، I_3

أوجد قيمة I_1 بإجراء التبديل على الصيغة : $U = I_1 + I_2 + I_3$ في أربع خطوات .

إرشادات :

١ - الصيغة الرياضية الأصلية : $U = I_1 + I_2 + I_3$

$$U = I_1 + I_2 + I_3$$

١ - ضع الصيغة الرياضية الأصلية في ميزان المعادلة :

٢ - تبادل الأطراف :

$$I_1 + I_2 + I_3 = U$$

٢ - بتبديل الأطراف تظهر I_1 في الطرف الأيسر :

٣ - الترتيب :

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_2 - I_3 = U - I_2 - I_3$$

٣ - أكمل الطرفين بإضافة $-I_2$ ، $-I_3$:

٤ - الإكمال :

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_2 - I_3 = U - I_2 - I_3$$

٤ - اختصر الطرف الأيسر :

٥ - الاختصار :

$+I_2$ مع $-I_2$
 $+I_3$ مع $-I_3$

الحل :

$$I_1 = U - I_2 - I_3$$

الحل :

ملاحظة :

تصبح $+I_1$ بعد نقلها إلى الطرف الآخر $-I_1$

تصبح $+I_3$ بعد نقلها إلى الطرف الآخر $-I_3$

النتيجة : تتغير إشارات الحدود عند نقلها من طرف إلى آخر .

قاعدة نقل الحدود :

مثال :

عند نقل الحدود من طرف إلى آخر يجب تغيير إشاراتها :

إشارة (+) في الطرف الأيمن تصبح (-) في الطرف الأيسر .

إشارة (-) في الطرف الأيمن تصبح (+) في الطرف الأيسر .

إشارة (+) في الطرف الأيسر تصبح (-) في الطرف الأيمن .

إشارة (-) في الطرف الأيسر تصبح (+) في الطرف الأيمن .

الحل :

أوجد قيمة x بإجراء

التبديل على الصيغة :

$$x + c - d = a$$

وذلك بنقل كل من $+c$ و $-d$ إلى الطرف الآخر

غير المحتوي على x ،

$$x + c - d = a$$

$$x = a - c + d$$

تمرينات :

إذا كان المجهول بداخل قوس تسبقه إشارة موجبة (+) أو سالبة (-)

نقل الحدود - تبديل الأطراف

مثال (٥) : $18 + (x-3) = 12$ مثال (٦) : $15 - (x+3) = 9$

$$18 + x - 3 = 12$$

$$15 - x - 3 = 9$$

$$x = 12 - 18 + 3$$

$$12 - x = 9$$

$$x = 15 - 18$$

$$x = -3$$

$$x = 12 - 9 = 3$$

ملاحظة : فك الأقواس أولاً ثم أجز عملية التبديل

$10 = 72 - (8x + 6)$ $51 - 9$ $17 + (4x - 9) = 26$ $51 - 9$

$36 = 18 - (18x - 54)$ $56 - 9$ $32 + (3x - 16) = 28$ $52 - 9$

$5 - [-(3x + 4)] = 24$ $57 - 9$ $15 = (3x + 2) - 17$ $53 - 9$

$13 - [-(5x - 7)] = 26$ $58 - 9$ $18 = (3x + 7) - 19$ $54 - 9$

عندما يظهر المجهول في أكثر من حد من حدود المعادلة :

مثال (٧) : $8x - 15 + 3x = 7$ مثال (٨) : $4x + 6 = x + 21$

$8x + 3x = 7 + 15$ $4x - x = 21 - 6$

$11x = 22$ $3x = 15$

$x = 2$ $x = 5$

ترتب أولاً جميع الحدود المحتوية على x في الطرف الأيسر وجميع الحدود الخالية من x في الطرف الأيمن

$9x - 16 - 3x = 26$ $59 - 9$

$17x - 21 - 9x = 35$ $60 - 9$

$5x + 9 = 2x + 48$ $61 - 9$

$9x + 15 = 6x + 57$ $62 - 9$

$7x = 5 + 3x + 19$ $63 - 9$

$5x = 31 + 2x + 11$ $64 - 9$

$7x = 21 - (49x - 63)$ $65 - 9$

$4x = 98 - (9x - 6)$ $66 - 9$

$18x = [84 - (7x + 9)]$ $67 - 9$

$3x = [19 - (8x - 14)]$ $68 - 9$

$48x - 17x - 29 = 24x - 99 + 42$ $69 - 9$

$12x - 16 + 7x = 56 - 5x + 24$ $70 - 9$

$51x - 45 - 9x = 106 - 39x - 71 + x$ $71 - 9$

$100x - 7x + 38 - 100 = 31x + 141 - 25x + 58$ $72 - 9$

$17x + 13 - 7x + 23 = 10x - 29 - 5x + 100$ $73 - 9$

$19x + 97 - 3x - 17 = 9x + 12 + 4x + 83$ $74 - 9$

$6x - 25 + (x - 42) = 4x - (x + 13)$ $75 - 9$

$7x - 31 + (9x - 23) = (3x - 11) - 4$ $76 - 9$

$5x - (7x - 10) = 91 + (21 - 8x)$ $77 - 9$

$(18 - 7x) - (28 - 17x) = -(9x - 47)$ $78 - 9$

$12x - [5x + (6 - 3x)] = 7x + 33$ $79 - 9$

$16 + [16x - (8x - 8)] = 48 - 4x$ $80 - 9$

$x + 7 = 15$ $1 - 9$

$x - 7 = 15$ $2 - 9$

$x - 7 + 8 = 23$ $3 - 9$

$x + 7 - 8 = 23$ $4 - 9$

$x - 7 - 5 = -16$ $5 - 9$

$x - 8 - 6 = -12$ $6 - 9$

$x - 2,5 = 0$ $7 - 9$

$x + 15 = 0$ $8 - 9$

$x - a = b$ $9 - 9$

$x - b = a$ $10 - 9$

$x - m + n = k$ $11 - 9$

$x + m - n = k$ $12 - 9$

$17 = 25 + x$ $13 - 9$

$32 = 22 + x$ $14 - 9$

$12 = x - 36$ $15 - 9$

$15 = x + 15$ $16 - 9$

$10 = x - 5 + 6$ $17 - 9$

$12 = x + 8 - 4$ $18 - 9$

$a = x + b$ $19 - 9$

$b = x + a$ $20 - 9$

$a + b = x - a$ $21 - 9$

$r + s = x + t$ $22 - 9$

$m + n = x + m$ $23 - 9$

$a - b = a + x$ $24 - 9$

المجهول مضروب في معامل

مثال (١) : $10x - 7 = 3$

$10x = 3 + 7$

$10x = 10$

$x = 10 \div 10$

$x = 1$

التدقيق :

عوض عن x بالقيمة المحسوبة

$10 \cdot 1 - 7 = 3$

$10 - 7 = 3$

$3 = 3$

$123 = 39 + 3x$ $31 - 9$

$+ 8 = -22 + 5x$ $32 - 9$

$- 19 = 9x - 100$ $33 - 9$

$120 = 23x + 97$ $34 - 9$

$25 = 4x + 21$ $35 - 9$

$90 = 10x + 10$ $36 - 9$

$31x + 23 = 116$ $25 - 9$

$17x + 37 = 122$ $26 - 9$

$7x - 18 = 17$ $27 - 9$

$3x - 9 = 78$ $28 - 9$

$5x + 11 = 36$ $29 - 9$

$7x + 1 = 57$ $30 - 9$

المجهول تسبقه إشارة سالبة

مثال (٢) : $18 - 2x = 12$

$18 = 12 + 2x$

$12 + 2x = 18$

$2x = 18 - 12$

$2x = 6; x = 3$

مثال (٣) : $24 = 39 - 3x$

$24 + 3x = 39$

$3x = 39 - 24$

$3x = 15$

$x = 5$

مثال (٤) : $18 - 2x = 12$

$-2x = +12 - 18$

$-2x = -6$

$(-1) \cdot (-2x) = (-1) \cdot (-6)$

$2x = 6; x = 3$

اجعل إشارة x موجبة بنقلها إلى الطرف الأيمن (انظر مثال ٢) أو إلى الطرف الأيسر (انظر مثال ٣) أو بضرب الطرفين في (-1) (انظر مثال ٤)

$2,5 - 0,5x = -1,5$ $44 - 9$

$35 = 103 - 17x$ $45 - 9$

$23 = 100 - 11x$ $46 - 9$

$-7,8 = 1,6 - 4,7x$ $47 - 9$

$-5,2 = 4,4 - 3,2x$ $48 - 9$

$a = b - x$ $49 - 9$

$c - x = m$ $50 - 9$

$8 - x = 7$ $37 - 9$

$30 - x = 5$ $38 - 9$

$4,2 = 11,6 - x$ $39 - 9$

$2,8 = 3,6 - x$ $40 - 9$

$105 - 10x = 35$ $41 - 9$

$102 - 14x = 18$ $42 - 9$

$1 - 3x = -23$ $43 - 9$

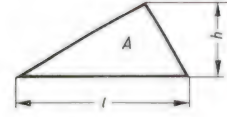
الصيغة الرياضية الأصلية :

$$A = \frac{l \cdot h}{2}$$

التبديلات :

$$l = \frac{2 \cdot A}{h}$$

$$h = \frac{2 \cdot A}{l}$$



قد تظهر القيمة l أو h المطلوب إيجادها كعامل في مقام معادلة كسرية . ويمكن تعيينها بالإكمال والاختصار أو بتطبيق قاعدة نقل الحدود .

مثال (١) :

أوجد قيمة l بإجراء التبديل على الصيغة الرياضية $A = \frac{l \cdot h}{2}$ وذلك بالإكمال والاختصار .

١ - الصيغة الرياضية الأصلية : $A = \frac{l \cdot h}{2}$ ٢ - تبديل الأطراف : $\frac{l \cdot h}{2} = A$ ٣ - أكمل باستعمال $\frac{2}{h}$: $\frac{l \cdot h \cdot 2}{2 \cdot h} = \frac{A \cdot 2}{h}$ ٤ - الاختصار : $\frac{l \cdot h \cdot 2}{2 \cdot h} = \frac{A \cdot 2}{h}$ الحل : $l = \frac{2 \cdot A}{h}$

ملاحظة : بنقل الحدود صار البسط h مقاما وصار المقام 2 بسطا .

قد تظهر القيمة المطلوب إيجادها في مقام معادلة كسرية . وفي هذه الحالة يجب وضعها في البسط .

مثال (٢) :

$$v = \frac{s}{t}$$

أوجد t بإجراء التبديل على الصيغة :

$$v = \frac{s}{t}$$

١ - الصيغة الرياضية الأصلية :

$$v \cdot t = \frac{s \cdot t}{t}$$

٢ - الإكمال الأول :

$$v \cdot t = \frac{s \cdot t}{t}$$

٣ - الاختصار :

$$\frac{v \cdot t}{v} = \frac{s}{v}$$

٤ - الإكمال الثاني :

$$\frac{v \cdot t}{v} = \frac{s}{v}$$

٥ - الاختصار :

$$t = \frac{s}{v}$$

الحل :

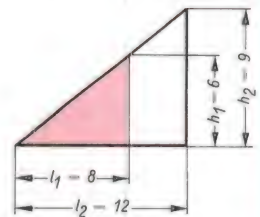
ملاحظة : لوضع القيمة t المطلوب إيجادها في البسط يلزم استخدام عمليتي إكمال .

قاعدة نقل الحدود :

يصبح البسط في الطرف الأيسر مقاما في الطرف الأيمن .
ويصبح المقام في الطرف الأيسر بسطا في الطرف الأيمن .

خصائص وتبديل التناسبات (معادلات النسب)

إذا تشابه المثلثان قائما الزاوية (انظر الشكل) تكون النسبة بين الضلعين l_1 و l_2 مساوية للنسبة بين الارتفاعين h_1 و h_2 ، وتسمى المعادلة $l_1 : l_2 = h_1 : h_2$ معادلة النسبة أو التناسب .



مثال (٣) :

أوجد قيمة h_2 بإجراء

التبديل على

$$l_1 : l_2 = h_1 : h_2$$

طريقة الحل :

١ - التناسب

٢ - معادلة الضرب

٣ - نقل الحد l_1

٤ - الحل

$$l_1 : l_2 = h_1 : h_2 \quad (١)$$

$$l_1 \cdot h_2 = l_2 \cdot h_1 \quad (٢)$$

$$h_2 = \frac{l_2 \cdot h_1}{l_1} \quad (٣)$$

$$h_2 = \frac{l_2 \cdot h_1}{l_1} \quad (٤)$$

تكون الكميات ذات علاقة مباشرة مثل «تزداد h كلما زادت l » أي تتناسب طرديا . في حين تكون الكميات ذات علاقة غير مباشرة (كالسرعة الدورانية والقطر في حالة الإدارة بالسيور) تناسبا عكسيا .

التناسب

$$l_1 : l_2 = h_1 : h_2$$

معادلة الضرب

$$l_1 \cdot h_2 = l_2 \cdot h_1$$

يحوّل التناسب إلى معادلة ضرب قبل التبديل تبعا للقاعدة :

حاصل ضرب الطرفين $l_1 \cdot h_2$ يساوي حاصل ضرب الوسطين $l_2 \cdot h_1$

تمرينات

معادلات الضرب :

$2ax=4a$	١٥ — ١٠	$9x=5,4$	١ — ١٠
$3x=12a$	١٦ — ١٠	$5x=27,5$	٢ — ١٠
$abx=2abc$	١٧ — ١٠	$5x=1$	٣ — ١٠
$cbx=5abc$	١٨ — ١٠	$3x=0,3$	٤ — ١٠
$22=33x$	١٩ — ١٠	$6x=4,8$	٥ — ١٠
$5,6=7x$	٢٠ — ١٠	$37x=22,2$	٦ — ١٠
$U=3,14x$	٢١ — ١٠	$0,8x=42,4$	٧ — ١٠
$U=4x$	٢٢ — ١٠	$0,4x=500$	٨ — ١٠
$12a=2x$	٢٣ — ١٠	$4x=-20$	٩ — ١٠
$15a=5x$	٢٤ — ١٠	$11x=-121$	١٠ — ١٠
$10a=5ax$	٢٥ — ١٠	$2,5x=-0,5$	١١ — ١٠
$18b=3bx$	٢٦ — ١٠	$3,2x=-1,28$	١٢ — ١٠
$a=bx$	٢٧ — ١٠	$5x=15a$	١٣ — ١٠
$ab=cx$	٢٨ — ١٠	$5ax=10a$	١٤ — ١٠

مثال (٢) :

$$\begin{aligned} 5x+7 &= 2x+16 \\ 5x-2x &= 16-7 \\ 3x &= 9 \\ x &= 3 \end{aligned}$$

مثال (١) :

$$\begin{aligned} 3x+9 &= 21 \\ 3x-21 &= -9 \\ 3x &= 12 \\ x &= 4 \end{aligned}$$

رتب، بحيث تظهر الحدود المحتوية على x في الطرف الأيسر والحدود الخالية من x في الطرف الأيمن

$17x-9=93$	٢٨ — ١٠	$5x+7=42$	٢٩ — ١٠
$30=86-7x$	٣٩ — ١٠	$8x+12=20$	٣٠ — ١٠
$13=100-29x$	٤٠ — ١٠	$11x+4=81$	٣١ — ١٠
$25=29-4x$	٤١ — ١٠	$27x+17=125$	٣٢ — ١٠
$37=147-11x$	٤٢ — ١٠	$17x+11=96$	٣٣ — ١٠
$ax-b=c$	٤٣ — ١٠	$11x+17=116$	٣٤ — ١٠
$a=bx+c$	٤٤ — ١٠	$3x-5=22$	٣٥ — ١٠
$m+nx=2m$	٤٥ — ١٠	$7x-6=43$	٣٦ — ١٠
$a+bx=2a$	٤٦ — ١٠	$13x-74=17$	٣٧ — ١٠

مثال (٤) :

$$\begin{aligned} mx+nx &= a \\ x(m+n) &= a \\ x &= \frac{a}{m+n} \end{aligned}$$

مثال (٣) :

$$\begin{aligned} 4(x+2) &= 20 \\ 4x+8 &= 20 \\ 4x &= 20-8 \\ x &= 3 \end{aligned}$$

$12x=7x-3+4x$	٥٩ — ١٠	$6(x-1)=36$	٤٧ — ١٠
$9x+12-4x=57$	٦٠ — ١٠	$7(x-2)=49$	٤٨ — ١٠
$8x-5=17-3x$	٦١ — ١٠	$5(2x-3)=45$	٤٩ — ١٠
$19-3x=14-8x$	٦٢ — ١٠	$3(5x-5)=45$	٥٠ — ١٠
$5(x+1)=3x-1$	٦٣ — ١٠	$3(x+b)=15$	٥١ — ١٠
$7x+3=9(x-5)$	٦٤ — ١٠	$a(x+b)=2ab$	٥٢ — ١٠
$cx=a-bx$	٦٥ — ١٠	$16=2(x+5)$	٥٣ — ١٠
$mx=a-2x$	٦٦ — ١٠	$28=7(2x+2)$	٥٤ — ١٠
$ax-a=cx-c$	٦٧ — ١٠	$5(6-2x)=-20$	٥٥ — ١٠
$mx+5=nx+6$	٦٨ — ١٠	$8(9-6x)=-24$	٥٦ — ١٠
$ax-7=5x+8$	٦٩ — ١٠	$3x+5=33-4x$	٥٧ — ١٠
$bx-b=dx-d$	٧٠ — ١٠	$7x-6=3x+22$	٥٨ — ١٠

معادلات الكسور :

$\frac{3x}{4}=6; \frac{8x}{12}=2$	٧٦ — ١٠	$\frac{x}{3}=7; \frac{x}{2}=9$	٧١ — ١٠
$\frac{18}{x}=3; \frac{2}{x}=5$	٧٧ — ١٠	$\frac{x}{2}=7; \frac{x}{18}=0,42$	٧٢ — ١٠
$\frac{4}{x}=1,5; \frac{3}{x}=9$	٧٨ — ١٠	$\frac{x}{b}=c; \frac{x}{n}=1$	٧٣ — ١٠
$\frac{cde}{x}=ce$	٧٩ — ١٠	$\frac{x}{a}=b; \frac{x}{m}=1$	٧٤ — ١٠
$\frac{svt}{x}=vs$	٨٠ — ١٠	$\frac{4x}{10}=6; \frac{3x}{12}=9$	٧٥ — ١٠

مثال (٦) :

$$\begin{aligned} \frac{28}{x}+3 &= 10 \\ \frac{28}{x} &= 10-3=7 \\ 28 &= x \cdot 7 \\ x &= 28 \div 7 = 4 \end{aligned}$$

مثال (٥) :

$$\begin{aligned} \frac{x}{4}-b &= a \\ \frac{x}{4} &= a+b \\ x &= 4(a+b) \\ x &= 4a+4b \end{aligned}$$

$\frac{3x}{5}+8=23$	٨٦ — ١٠	$\frac{x}{3}+4=10$	٨١ — ١٠
$\frac{32}{x}+4=12$	٨٧ — ١٠	$\frac{x}{5}-20=30$	٨٢ — ١٠
$\frac{45}{x}+3=18$	٨٨ — ١٠	$\frac{2x}{7}+6=12$	٨٣ — ١٠
$\frac{75}{6x}+2=7$	٨٩ — ١٠	$\frac{3x}{5}-7=23$	٨٤ — ١٠
$\frac{72}{9x}+5=13$	٩٠ — ١٠	$\frac{5x}{4}-3=17$	٨٥ — ١٠

التناسب :

$1:x=2:15$	١٠٢ — ١٠	$4:5=12:x$	٩١ — ١٠
$3:a=6:x$	١٠٣ — ١٠	$6:5=18:x$	٩٢ — ١٠
$x:20=b:5$	١٠٤ — ١٠	$3:8=x:12$	٩٣ — ١٠
$10:x=4:a$	١٠٥ — ١٠	$2,8:7=x:10$	٩٤ — ١٠
$5:b=15:x$	١٠٦ — ١٠	$0,42:x=0,7:3,5$	٩٥ — ١٠
$3b:7cd=6x:14cd$	١٠٧ — ١٠	$28:x=7:5$	٩٦ — ١٠
$3ac:4c=5ax:12d$	١٠٨ — ١٠	$x:38=15:19$	٩٧ — ١٠
$(x-2):5=1:10$	١٠٩ — ١٠	$x:24=116:87$	٩٨ — ١٠
$(1+x):2=3:4$	١١٠ — ١٠	$100:x=25:3$	٩٩ — ١٠
$(x+1):7=3:14$	١١١ — ١٠	$x:100=3:5$	١٠٠ — ١٠
$(x-1):9=5:3$	١١٢ — ١٠	$1:20=x:5$	١٠١ — ١٠

أوجد بالتبديل في الصيغة $a:b=c:d$ قيمة كل من :

c ١١٥ — ١٠	a ١١٣ — ١٠
d ١١٦ — ١٠	b ١١٤ — ١٠

حوّل معادلات الضرب التالية إلى تناسبات :

$P \cdot a = Q \cdot b$	١١٨ — ١٠	$5 \cdot a = 8 \cdot b$	١١٧ — ١٠
-------------------------	----------	-------------------------	----------

تعريف وأمثلة

$5^3 = 125$ → قيمة الكمية الأسية
→ القوة أو الأس
→ يكتب الأس أصغر من الأساس على يمينه وأعلى
→ الأساس

مثال: الكميات الأسية للأعداد من 1 إلى 7 هي:

n^1	1	2	3	4	5	6	7
n^2	1	4	9	16	25	36	49
n^3	1	8	27	64	125	216	343

يعطي الأس عدد المرات التي يجب أن يستخدم فيها الأساس كعامل. وتعين قيمة الكمية الأسية بالضرب أو من جداول الأعداد.

قاعدة الخانات: كل خانة في الأساس (معدودة تلو الفاصلة العشرية) تعطي خانتين في العدد المربع وثلاث خانات في العدد المكعب.

$$5^2 = 25 \quad 500^2 = 250\,000 \quad 0,05^2 = 0,0025$$

$$5^3 = 125 \quad 500^3 = 125\,000\,000 \quad 0,05^3 = 0,000125$$

خصائص الكميات الأسية

المربع
مساحة المربع A
 $A = 1 \cdot 1 = 1^2$
 1^2 تقرأ: 1 مرفوعة للأس 2
أو 1 تربيع



1^2 عدد مربع

المكعب

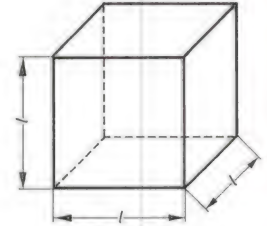
الحجم V

$$V = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1^3$$

1^3 تقرأ: 1 مرفوعة للأس 3

أو 1 تكعيب

1^3 عدد مكعب



1^2 و 1^3 كميات أسية

الكمية الأسية هي حاصل ضرب عوامل متساوية

$$5^2 = 5 \cdot 5 = 25$$

$$5^3 = 5 \cdot 5 \cdot 5 = 125$$

$$10^2 = 10 \cdot 10 = 100$$

$$10^3 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 1000$$

التعريف والحساب:

الجذر التربيعي — الجذر التكعيبي

أساس الكمية الأسية } الجذر التربيعي $\sqrt{64} = 8$
الجذر التكعيبي $\sqrt[3]{64} = 4$

→ الكمية الأسية أو الكمية الأساسية
→ دليل الجذر أو الأس

يعين الجذر التربيعي والتكعيبي عمليا من جداول الأعداد، أو بواسطة المسطرة الحاسبة أو الحاسب الإلكتروني. ويمكن الحصول على قيم تقريبية بواسطة التخمين ثم التحقق.
قاعدة الخانات: تنتج خانة واحدة في قيمة الجذر من كل خانتين عند إيجاد الجذر التربيعي، وتنتج خانة واحدة من ثلاث خانات عند إيجاد الجذر التكعيبي (معدودة تلو الفاصلة العشرية). وتختبر مرتبة العدد بتربيع القيمتين الحديتين (الواقع بينهما العدد).

مثال: أوجد قيمة: $\sqrt{2,5} = 1,58114...$

الحل:

تقع النتيجة بين القيمتين الحديتين 1 و 2. ولذا يجب أن يقع الجذور بين $1^2 = 1$ و $2^2 = 4$ وهذا متحقق فعلا، أي أن مرتبة العدد صحيحة.

حجم المكعب

$$V = 1^3$$

طول ضلع المكعب 1:

$$1 = \sqrt[3]{V}$$

1 هي الجذر التكعيبي للقيمة V ويكون الرمز الحسابي للجذر التكعيبي 3 كدليل للجذر أو كأس ولا يجوز عدم كتابته

الجذر التكعيبي

$$\sqrt[3]{\quad}$$

$$\sqrt[3]{64} = 4$$

البرهان:

$$4^3 = 64$$

مساحة المربع A

$$A = 1^2$$

طول ضلع المربع 1

$$1 = \sqrt{A}$$

1 هي الجذر التربيعي للقيمة A ويكون الرمز الحسابي للجذر التربيعي 2 كدليل للجذر أو كأس لكنه لا يكتب عادة.

الجذر التربيعي

$$\sqrt{\quad} \text{ أو } \sqrt[2]{\quad}$$

$$\sqrt{64} = 8$$

البرهان:

$$8^2 = 64$$

$$\sqrt{139} = 11,7898$$

القيمة من الجداول :

$$\sqrt{n} = 11,7898 \div 10 = 1,17898$$

مثال (٢) : اوجد جذر n

n=1394 (عدد ذو أربع خانات)

الحل : تحتوي الجداول على أعداد ذات ثلاث خانات فقط لذا

يحول العدد إلى : $n = 13,94 \cdot 100 \approx 14 \cdot 100$

$$\sqrt{n} \approx \sqrt{14} \cdot \sqrt{100}$$

القيمة من الجداول : $\sqrt{14} = 3,7417$

$$\sqrt{n} \approx 3,7 \cdot 10 \approx 37$$

ملاحظة : النتيجة غير دقيقة !

طريقة أخرى أدق : n=1394 ، بضرب الطرفين في 100 ينتج $n \cdot 100 = 139400$ وبالبحث في خانة مربع الأعداد بالجداول نجد أن أقرب رقم للعدد 139400 هو 139129 بإيجاد قيمة n المقابلة في خانة الأعداد الصحيحة نجد أنها 373 . وحيث أننا ضربنا في البداية العدد في 100 لذا نقسم العدد الناتج 373 على 10

$$\sqrt{n} = \frac{373}{10} = 37,3$$

١١ - ٣ اوجد الجذر التربيعي للقيم n واختبر النتيجة بتربيع القيمتين الحديثتين الواقع بينهما العدد $(LV_L^2 < n < LV_U^2)$ (حيث : القيمة الحدية العليا LV_U ، والقيمة الحدية السفلى LV_L =

- (أ) $n = 6; 60; 355; 3500; 6,3$
 (ب) $n = 7; 70; 478; 4780; 7,5$
 (ج) $n = 0,6; 0,85; 0,06; 0,085$
 (د) $n = 0,7; 0,93; 0,07; 0,093$
 (و) $n = 4650; 35,75; 27,95; 7855$
 (هـ) $n = 5620; 48,62; 45,36; 8495$
 (ز) $n = 72400; 654500; 95150; 936300$

١١ - ٤ احسب طول ضلع المربع الذي مساحته :

(أ) 1156 mm^2 (ب) 2401 cm^2 (ج) 7396 dm^2 (د) 21316 m^2

إيجاد الجذر التربيعي على خطوات :

(كل خانتين تلو الفاصلة العشرية تغطي خانة واحدة في

النتيجة) $\sqrt{1394} = 37,34$

$$\begin{array}{r} 9 \\ 494 \div 6 \quad 7 \\ 469 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2500 \div 74 \quad 3 \\ 2229 \end{array}$$

$$27100 \div 746 \quad \square$$

- (١) يوضع جذر الخانتين الأولى والثانية في النتيجة ،
 (٢) يطرح مربع العدد الذي وضع في النتيجة من الخانتين ،
 (٣) تسقط الخانتان التاليتان بجوار باقي الطرح ،
 (٤) يُقسم على (ضعف النتيجة + خانة فارغة) ،
 (٥) يوضع خارج القسمة في كل من النتيجة والخانة الفارغة ،
 (٦) يطرح حاصل ضرب العددين ،
 (٧) كرر العمليات (٢) و (٤) و (٥) و (٦) وأضف صفرين عند الضرورة .

تمرينات

عين n^2 للعدد n باستخدام جداول الأعداد

مثال (١) : n=139

الحل : (يقع العدد 139 بين 1 و 1000) وهي حدود الأعداد

الواردة بالجداول .

ابحث تحت n عن العدد 139 . وعلى يمينه اقرأ النتيجة تحت n^2

في كتاب الجداول :

$$n^2 = 19321$$

مثال (٢) : n=1394 (عدد ذو أربع خانات)

تحتوي الجداول على أعداد ذات ثلاث خانات فقط .

الحل :

يحول العدد إلى :

$$n \approx 139 \cdot 10$$

$$n^2 \approx 139^2 \cdot 10^2$$

القيمة من الجداول :

$$139^2 = 19321$$

$$n^2 \approx 19321 \cdot 100 \approx 1932100$$

مثال (٣) : n=1,39 (عدد عشري)

الحل : تحتوي الجداول على أعداد صحيحة فقط .

يحول العدد إلى :

$$n = 139 \div 100$$

$$n^2 = 139^2 \div 100^2$$

القيمة من الجداول :

$$139^2 = 19321$$

$$n^2 = 19321 \div 10000 = 1,9321$$

تمرينات

١١ - ١ اوجد قيمة n^2 :

- (أ) $n = 13; 43; 78; 277; 449; 781$
 (ب) $n = 14; 45; 79; 377; 650; 912$
 (ج) $n = 7,5; 21,3; 0,7; 0,06; 0,23; 0,011$
 (د) $n = 8,5; 26,9; 0,9; 0,04; 0,17; 0,021$

١١ - ٢ اوجد قيمة n^2 ومربع القيمتين الحديثتين الواقع بينهما

العدد (مثال تقع 139^2 بين $100^2 = 10000$ و $200^2 = 40000$)

- (أ) $n = 6,4; 10,5; 0,537; 4350$
 (ب) $n = 8,77; 27,7; 0,055; 7220$
 (ج) $n = 7,7; 12,6; 0,183; 5650$
 (د) $n = 9,34; 33,4; 0,045; 6800$

اوجد الجذر التربيعي للعدد n باستخدام جداول الأعداد .

مثال (١) : n=139

الحل : (139 تقع بين 1 و 1000)

ابحث تحت n عن العدد 139 . وعلى يمينه اقرأ النتيجة تحت

\sqrt{n}

$$\sqrt{n} = 11,7898$$

مثال (٢) : n=1,39 (عدد عشري)

الحل : تحتوي الجداول على أعداد صحيحة فقط ، لذا يحول

العدد إلى : $n = 139 \div 100$

$$\sqrt{n} = \sqrt{139} \div \sqrt{100}$$

الكميات الأسية للعشرة لاختصار الأعداد الكبيرة

عدد خانات إزاحة الفاصلة العشرية	القيمة (مضروبة في)	طريقة كتابة الكمية الأسية (مضروبة في)	بادئة الوحدة	
12 →	1 000 000 000 000	10^{12}	T = Tera —	تيرا
9 →	1 000 000 000	10^9	G = Giga —	جيجا
6 →	1 000 000	10^6	M = Mega —	ميغا
3 →	1 000	10^3	k = Kilo —	كيلو
2 →	100	10^2	h = Hecto —	هكتو
1 →	10	10^1	da = Deca —	ديكا
← 1	0,1	10^{-1}	d = Deci —	ديسي
← 2	0,01	10^{-2}	c = Centi —	سنتي
← 3	0,001	10^{-3}	m = Milli —	ملي
← 6	0,000 001	10^{-6}	μ = Micro —	ميكرو
← 9	0,000 000 001	10^{-9}	n = Nano —	نانو
← 12	0,000 000 000 001	10^{-12}	p = Pico —	بيكو

مثال (١) : قدرة محطة لتوليد الكهرباء هي : $500 \text{ MW} = 500 \cdot 10^6 \text{ W} = 500 \cdot 1\,000\,000 \text{ W} = 500\,000\,000 \text{ W}$
كتلة الإلكترون هي : $0,91 \cdot 10^{-27} \text{ g} = 0,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,91 \text{ g}$

معادلات تحتوي على جذور

أمثلة للحساب بالجذور

$$\begin{aligned} 5\sqrt{a} - 3\sqrt{a} &= 2\sqrt{a} \quad (٢) & 3\sqrt{a} + 2\sqrt{a} &= 5\sqrt{a} \quad (١) \\ (\sqrt{a})^2 &= a; \quad (٤) & \sqrt{a^2} &= a; \quad (٢) \\ \sqrt{a^4} &= \sqrt{a^2 \cdot a^2} = \sqrt{a^2} \cdot \sqrt{a^2} = a \cdot a = a^2 \quad (١) & 3\sqrt{a^3} &= a \quad (٥) \\ \sqrt{a^3} &= \sqrt{a^2 \cdot a} = \sqrt{a^2} \cdot \sqrt{a} = a \cdot \sqrt{a} \quad (٧) & \sqrt{a^2 \cdot b^2} &= \sqrt{a^2} \cdot \sqrt{b^2} = a \cdot b \quad (٨) \\ \sqrt{a \cdot b^2} &= b\sqrt{a} \quad (٩) & \sqrt{\frac{a^2}{b^2}} &= \frac{\sqrt{a^2}}{\sqrt{b^2}} = \frac{a}{b} \quad (١٠) \\ \sqrt{\frac{a}{b^2}} &= \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b^2}} = \frac{\sqrt{a}}{b} \quad (١١) \end{aligned}$$

التبديل في معادلات الجذور

مثال (٥) : $\sqrt{5x+16} = 14$ الحل : $(١) (\sqrt{5x+16})^2 = 14^2$ $(٢) 5x+16 = 196$ $(٣) 5x = 180$ $(٤) x = \frac{180}{5} = 36$

مثال (٤) : $\sqrt{3x-5} = 7$ الحل : $(١) \sqrt{3x-5} = 7+5 = 12$ $(٢) (\sqrt{3x-5})^2 = 12^2$ $(٣) 3x-5 = 144$ $(٤) x = \frac{144+5}{3} = 48$

قاعدة : يستمر التبديل إلى أن يصبح المجهول كمية جذرية في الطرف الأيسر بمفرده وعندئذ يرفع الطرفان لأس الجذر ويختصر .

معادلات تحتوي على كميات أسية

أمثلة للحساب بالكميات الأسية

$$\begin{aligned} 5a^2 + 3a^2 &= 8a^2 \quad (١) & 5a^2 - 3a^2 &= 2a^2 \quad (٢) \\ a^2 \cdot a^3 &= a \cdot a \cdot a \cdot a \cdot a = a^5 = a^{2+3} \quad (٣) & (a^2)^3 &= (a \cdot a)^3 = a \cdot a \cdot a \cdot a \cdot a \cdot a = a^6 = a^{2 \cdot 3} \quad (٤) \\ \frac{a^5}{a^3} &= \frac{a \cdot a \cdot a \cdot a \cdot a}{a \cdot a \cdot a} = a^2 = a^{5-3} \quad (٥) & (a \cdot b)^3 &= a^3 \cdot b^3 \quad (٧) \\ a^3 \cdot b^3 &= (a \cdot b)^3 \quad (٦) & \left(\frac{a}{b}\right)^3 &= \frac{a^3}{b^3} \quad (٩) \end{aligned}$$

التبديل في معادلات الكميات الأسية

مثال (٢) : $9x^2 + 9 = 90$ الحل : $(١) 9x^2 = 90 - 9$ $(٢) 9x^2 = 81$ $(٣) x^2 = \frac{81}{9} = 9$ $(٤) \sqrt{x^2} = \sqrt{9}$ $(٥) x = 3$

مثال (٣) : $A = 0,785 \cdot d^2$ الحل : $(١) 0,785 \cdot d^2 = A$ $(٢) d^2 = \frac{A}{0,785}$ $(٣) \sqrt{d^2} = \sqrt{\frac{A}{0,785}}$ $(٤) d = \sqrt{\frac{A}{0,785}}$

قاعدة : يستمر التبديل إلى أن يصبح المجهول كمية أسية في الطرف الأيسر بمفرده ، وعندئذ يؤخذ الجذر للطرفين ويختصر .

تمرينات

الكليات الأسية والجذور

احسب قيم الكليات الأسية :

$6c^2 \cdot 2c^3$	٩ — ١٢	$2^3; 3^3; 4^3; 5^3$	١ — ١٢
$5n^2 \cdot 3n^4$	١٠ — ١٢	$2^4; 3^4; 4^4; 5^4$	٢ — ١٢
$(5 \cdot a^2)^3$	١١ — ١٢	$a \cdot a^2 + a \cdot a^2$	٣ — ١٢
$(3b^3)^2$	١٢ — ١٢	$m \cdot m^2 + m \cdot m^2$	٤ — ١٢
$4^3 \cdot 5^3$	١٣ — ١٢	$4a^2 + 3a^2$	٥ — ١٢
$2^4 \cdot 3^4$	١٤ — ١٢	$4a^2 - 3a^2$	٦ — ١٢
$5^5 \div 5^2$	١٥ — ١٢	$(6a)^2$	٧ — ١٢
$6^6 \div 6^4$	١٦ — ١٢	$(5b)^2$	٨ — ١٢

احسب قيم الجذور :

$3\sqrt{25} + 4\sqrt{25}$	١٧ — ١٢
$7\sqrt{49} - 3\sqrt{49}$	١٨ — ١٢
$\sqrt{5^2} = ; (\sqrt{14})^2$	١٩ — ١٢
$\sqrt{33^2} = ; (\sqrt{7})^2$	٢٠ — ١٢
$\sqrt{9 \cdot 121}$	٢١ — ١٢
$\sqrt{36 \cdot 169}$	٢٢ — ١٢
$\sqrt{5 \cdot 25}$	٢٣ — ١٢
$\sqrt{7 \cdot 49}$	٢٤ — ١٢
$\sqrt{3^3} = ; \sqrt{5^3}$	٢٥ — ١٢
$\sqrt{6^3} = ; \sqrt{25^4}$	٢٦ — ١٢
$\sqrt{\frac{5}{9}} = ; \sqrt{\frac{3}{16}}$	٢٧ — ١٢
$\sqrt{\frac{7}{25}} = ; \sqrt{\frac{8}{36}}$	٢٨ — ١٢

اوجد قيمة x :

$(3x^2)^2 + 21 = 750$	٤٤ — ١٢	$15x^2 + 12 = 72$	٢٩ — ١٢
$\sqrt{x} = 7$	٤٥ — ١٢	$11x^2 - 17 = 82$	٣٠ — ١٢
$\sqrt{x} = 5$	٤٦ — ١٢	$7x^2 = 360 - 3x^2$	٣١ — ١٢
$\sqrt{x} - 5 = 9$	٤٧ — ١٢	$7x^2 = 100 + 3x^2$	٣٢ — ١٢
$\sqrt{x} + 4 = 17$	٤٨ — ١٢	$5x \cdot 3x = 240$	٣٣ — ١٢
$\sqrt{3x} = 6$	٤٩ — ١٢	$4x \cdot 7x = 700$	٣٤ — ١٢
$\sqrt{5x} = 15$	٥٠ — ١٢	$5x \cdot 3x^2 = 405$	٣٥ — ١٢
$\sqrt{4x} - 15 = 1$	٥١ — ١٢	$3x^4 = 192x$	٣٦ — ١٢
$\sqrt{8x} + 5 = 17$	٥٢ — ١٢	$(5x)^2 + 27 = 1252$	٣٧ — ١٢
$2\sqrt{x} = 6$	٥٣ — ١٢	$(3x)^2 - 33 = 192$	٣٨ — ١٢
$3\sqrt{2x} = 12$	٥٤ — ١٢	$3 \cdot x^5 = 12 \cdot x^3$	٣٩ — ١٢
$\sqrt{6x + 16} = 8$	٥٥ — ١٢	$6x^7 = 294x^5$	٤٠ — ١٢
$\sqrt{7x - 10} = 9$	٥٦ — ١٢	$x^2 + 600 = 7^2 \cdot 5^2$	٤١ — ١٢
$\sqrt{x - m} = a$	٥٧ — ١٢	$2x^2 - 26 = 2^3 \cdot 3^3$	٤٢ — ١٢
$\sqrt{x + b} = 3b$	٥٨ — ١٢	$(x^2)^2 + 5 = 21$	٤٣ — ١٢

قوى العشرة (الكليات الأسية للعشرة)

اكتب كأعداد عشرية :

$17 \cdot 10^{-8}; 625 \cdot 10^{-4}$	٥٩ — ١٢
$3,6 \cdot 10^{-6}; 1,5 \cdot 10^{-3}$	٦٠ — ١٢
$27,8 \cdot 10^{-8} \cdot 10^5$	٦١ — ١٢
$0,38 \cdot 10^2 \cdot 10^{-4} \cdot 10^3$	٦٢ — ١٢

اكتب بطريقة مختصرة :

$0,003 \cdot 10^{10} \cdot 10^{-7}$	٦٥ — ١٢	$937\ 000\ 000\ 000\ 000$	٦٣ — ١٢
$85 \cdot 10^{-3} + 0,02 \cdot 10^2$	٦٦ — ١٢	$0,000\ 000\ 004\ 44$	٦٤ — ١٢

التبديل في الصيغ الرياضية

مراجعة مختصرة لقواعد التبديل

- (١) تتغير إشارة الكمية المنقولة من طرف إلى آخر .
- (٢) في الحساب المختلط يجرى التبديل بوضع الحدود المتشابهة معا .
- (٣) يجب ألا تظهر الكمية المطلوب إيجادها في مقام كسر وألا تسبقها إشارة سالبة .
- (٤) يجب أن تكون الكمية المطلوب إيجادها بمفردها ، وإذا ما وجدت في الطرف الأيمن تبدل الأطراف .
- (٥) عند وجود x^2 يؤخذ الجذر للطرفين وعند وجود \sqrt{x} يربع الطرفان .

بتبديل الصيغ الرياضية اوجد قيمة :

$A = \frac{g \cdot h}{2}$ من h	٦٧ — ١٢
$R = R_1 + R_2 + R_3$ من R_2	٦٨ — ١٢
$V = \frac{\pi d^3}{6}$ من d	٦٩ — ١٢
$P = I^2 \cdot R$ من I	٧٠ — ١٢
$U = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\pi \cdot A}$ من I	٧١ — ١٢
$P_2 = P_1 - V_1 - V_2$ من V_2	٧٢ — ١٢
$v = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{60}$ من n	٧٣ — ١٢
$U = E - I \cdot R$ من I	٧٤ — ١٢
$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$ من N_1	٧٥ — ١٢
$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ من X	٧٦ — ١٢
$I = \frac{U}{R_1 + R_2}$ من R_1	٧٧ — ١٢
$W = U \cdot I \cdot t$ من t	٧٨ — ١٢
$d_m = \frac{D + d}{2}$ من D	٧٩ — ١٢
$v = s \div (t_2 - t_1)$ من t_1	٨٠ — ١٢

المتر كوحدة للطول

- (٢) وحدة المساحات هي المتر المربع (m^2) ، وهي مساحة مربع طول ضلعه 1 m .
وحدة الحجوم هي المتر المكعب (m^3) ، وهي حجم مكعب طول ضلعه 1 m .
(٤) مضاعفات وأجزاء الوحدات - المضاعفات مثل الكيلومتر والأجزاء مثل الديسيمتر والسنتيمتر والمليمتر تأخذ بادئة للوحدة . انظر اللوحة 12 لكميات القوى لل عشرة .

(١) عند القياس تقارن كميات مجهولة بكمية معلومة لنفس الوحدة . وتحدد الوحدات تبعا لمواصفات قياسية أو اتفاقيات دولية أو طبقا لنظام معين .

(٢) المتر هو وحدة الطول طبقا للنظام الدولي (SI) ، ويرمز له بالرمز (m) ويعادل $1\ 650\ 763,73$ مرة مثل طول موجة الأشعة الحمراء البرتقالية للغاز الخامل الكريبتون في الفراغ .

لاحظ التحويلات التالية :

تحويلات الوحدات m^3, m^2, m :

$1\text{ m} = 10\text{ dm}$

$10 \cdot 10\text{ dm}^2$

$10 \cdot 10 \cdot 10\text{ dm}^3$

$1\text{ m} = 10\text{ dm}$
 $1\text{ m} = 100\text{ cm}$
 $1\text{ m} = 1000\text{ mm}$
 $1\text{ m}^2 = 10 \cdot 10\text{ dm}^2$
 $1\text{ m}^2 = 100 \cdot 100\text{ cm}^2$
 $1\text{ m}^2 = 1000 \cdot 1000\text{ mm}^2$
 $1\text{ m}^3 = 10 \cdot 10 \cdot 10\text{ dm}^3$
 $1\text{ m}^3 = 100 \cdot 100 \cdot 100\text{ cm}^3$
 $1\text{ m}^3 = 1000 \cdot 1000 \cdot 1000\text{ mm}^3$

مثال : حوّل 120 mm^3 إلى dm^3

$120\text{ mm}^3 = ?\text{ dm}^3$

الحل :

(العدد المطلوب إيجاداه أصغر لذا نزاح الفاصلة العشرية إلى اليسار)

$1\text{ dm} = 100\text{ mm}$

$1\text{ dm}^3 = 100 \cdot 100 \cdot 100\text{ mm}^3$

(نزاح الفاصلة العشرية بمقدار 2.3 أي 6 خانات إلى اليسار)

$120\text{ mm}^3 = 0,000120\text{ dm}^3$

وحدات هامة أخرى

$1\text{ dm}^3 = 1\text{ l} = 1\text{ لتر}$
 $100\text{ l} = 1\text{ hl} = 1\text{ هكتولتر}$
 $10\ 000\text{ m}^2 = 100\text{ Ar (a)} = 1\text{ هكتار}$
 $0,000\ 001\text{ m} = 1\text{ }\mu\text{m} = 1\text{ ميكرومتر}$
 $1852\text{ m} = 1\text{ sm} = 1\text{ ميل بحري}$
(انظر أسفل) $1'' = 25,4\text{ mm}$
 $36'' = 3\text{ قدم (ft)} = 1\text{ ياردة (yd)}$

الحجوم في السوائل :

وحدة الحجوم الكبيرة في السوائل :

مسح الأراضي :

للبحوث والعلوم :

الملاحة البحرية والجوية :

في إنكلترا والولايات المتحدة الأمريكية :

في إنكلترا والولايات المتحدة الأمريكية :

بوصة (inch)	$1/8$	$1/4$	$3/8$	$1/2$	$5/8$	$3/4$	$7/8$	1	$1\ 1/2$	2
mm	3,175	6,350	9,525	12,700	15,875	19,050	22,225	25,400	38,100	50,800

* النظام الخاص بوحدات القياس (ساري المفعول منذ ١٩٧٠/٧/٣ م وعدّل في ٦ يوليو ١٩٧٣ م) . تنسب جميع الوحدات إلى الوحدات الأساسية المتفق عليها في النظام الدولي (SI) وهي : المتر والثانية والكيلوجرام والكلفن والأمبير والجزيء الغرامي والكاندلا .
كان المتر الأصلي سابقا قضيبا من معدن ثمين محفوظا في باريس .

تمرينات

١٣ — ١ حَوَّل إلى متر (m) :

6,62 dm; 0,34 dm; 724 cm; 8,3 cm; 3 372 mm

١٣ — ٢ حَوَّل إلى ديسيمتر (dm) :

532 cm; 7,24 cm; 76 mm; 408 mm; 0,418 m

١٣ — ٣ حَوَّل إلى مليمتر (mm) :

4,78 m; 0,347 m; 9,38 dm; 0,4 dm; 8,52 cm

١٣ — ٤ اوجد النتيجة بالسنتيمتر (cm) :

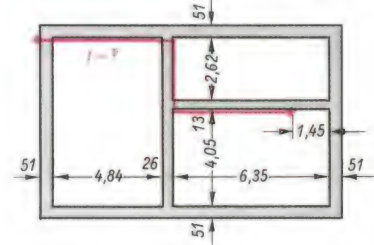
0,36 dm + 8,56 m + 732 mm - 3,26 dm - 0,49 m

١٣ — ٥ أكمل القيم الناقصة بالجدول :

أ	ب	ج	د	هـ
?	1,20 m	?	?	?
?	?	25 dm	?	?
182 cm	?	?	?	0,2 cm
?	?	?	0,5 mm	?

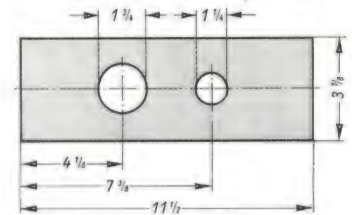
١٣ — ٦ يراد قطع قضبان طول كل منها 520 mm من قضيب من الفولاذ طوله 6,5 m، احسب : أ) عدد القضبان بفرض أن الفاقد يبلغ 1,5 mm لكل قطعية بين كل قضيبين ، ب) طول القطعة الباقية .

١٣ — ٧ في الرسوم الإنشائية تعطى الأطوال الأقل من 1 m بالسنتيمتر ، والأطوال ابتداء من 1 m أو أكثر بالمتر . اوجد للمسقط الأفقي المبين : أ) الأبعاد الخارجية ، ب) الطول الأفقي للمسار المبين بالرسم .



١٣ — ٨ إذا كان القطر الخارجي لأنبوبة (ماسورة) من الفولاذ هو 3 3/4" اوجد قطرها بوحدة (mm) ؟

١٣ — ٩ حَوَّل الأبعاد التي على الرسم من البوصة إلى المليمتر :



مثال : اوجد قيمة 0,75 m² بالسنتيمتر المربع (cm²) .

الحل :

(حيث أن العدد المطلوب إيجاد أكبر لذا تراح الفاصلة العشرية إلى اليمين) .

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm};$$

$$1 \text{ m}^2 = 100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$$

$$0,75 \text{ m}^2 = 7 500 \text{ cm}^2$$

١٣ — ١٠ حَوَّل إلى م² (mm²) :

أ) 47,05 cm² ب) 0,09 dm² ج) 0,008 m²

د) 486,06 cm² هـ) 23,48 dm² و) 4,55 m²

١٣ — ١١ حَوَّل إلى سم² (cm²) :

أ) 897,3 mm² ب) 3,8485 dm² ج) 0,008 m²

د) 69,785 mm² هـ) 36,0998 dm² و) 4,036 m²

١٣ — ١٢ حَوَّل إلى دسم² (dm²) :

أ) 24,80 mm² ب) 384,05 cm² ج) 0,925 m²

د) 0,8 mm² هـ) 2,75 cm² و) 96,345 m²

١٣ — ١٣ حَوَّل إلى م² (m²) :

أ) 38 403 mm² ب) 684 923 cm² ج) 84,93 dm²

د) 896,4 mm² هـ) 142,58 cm² و) 0,0043 dm²

١٣ — ١٤ حَوَّل إلى هكتار (ha) :

أ) 8793 456 m² ب) 6 289,8 a ج) 142,58 km²

د) 543,50 m² هـ) 9,08 a و) 0,086 km²

١٣ — ١٥ احسب المقادير الآتية بوحدة القيمة الأخيرة بكل مسألة :

أ) $4,40 \text{ dm}^2 + 0,46 \text{ m}^2 + 45,75 \text{ dm}^2 + 150 \text{ m}^2$

ب) $0,40 \text{ dm}^2 + 0,75 \text{ dm}^2 + 45 \text{ cm}^2 + 400 \text{ mm}^2$

ج) $40 \text{ m}^2 - 13,25 \text{ m}^2 + 46 \text{ dm}^2 + 750 \text{ cm}^2$

د) $2,05 \text{ dm}^2 - 1,95 \text{ dm}^2 + 42 \text{ cm}^2 + 0,4 \text{ dm}^2$

١٣ — ١٦ احسب المقادير الآتية بوحدة القيمة الأولى بكل مسألة :

أ) $4,05 \text{ dm}^2 \cdot 5 + 17,05 \text{ dm}^2$

ب) $9,33 \text{ cm}^2 \div 3 - 0,75 \text{ cm}^2$

ج) $150 \text{ m}^2 \div 50 + 7,5 \text{ m}^2 - 8,05 \text{ m}^2$

د) $705 \text{ cm}^2 \div 3 - 25,50 \text{ cm}^2 + 1,5 \text{ dm}^2$

١٣ — ١٧ حَوَّل إلى م³ (mm³) :

أ) 485 cm³ ب) 92,721 dm³ ج) 0,0075 m³

د) 928534 cm³ هـ) 0,4 dm³ و) 2,739 m³

١٣ — ١٨ حَوَّل إلى سم³ (cm³) :

أ) 8 760 mm³ ب) 486 dm³ ج) 0,965 m³

د) 93,86 mm³ هـ) 8,35 dm³ و) 0,042 m³

١٣ — ١٩ حَوَّل إلى دسم³ (dm³) :

أ) 4865432 mm³ ب) 9621 cm³ ج) 0,956 m³

د) 28635 mm³ هـ) 48,3 cm³ و) 24,75 m³

١٣ — ٢٠ حَوَّل إلى م³ (m³) :

أ) 8653279 mm³ ب) 9621 cm³ ج) 8,07 dm³

د) 68253429 mm³ هـ) 5,8 cm³ و) 24,325 dm³

١٣ — ٢١ حَوَّل إلى لتر (l) :

أ) 4 000 mm³ ب) 500 cm³ ج) 50 dm³ د) 0,2 m³

هـ) 0,825 hl و) 1660 cm³

١٣ — ٢٢ احسب المقادير الآتية بالوحدات المبينة :

أ) $0,5 \text{ dm}^3 + 600 \text{ cm}^3 + 0,004 \text{ m}^3 = \dots \text{ dm}^3$

ب) $14 \text{ dm}^3 + 41 \text{ m}^3 + 4 \text{ dm}^3 = \dots \text{ dm}^3$

ج) $170 \text{ mm}^3 + 4 \text{ cm}^3 + 0,8 \text{ dm}^3 = \dots \text{ cm}^3$

د) $0,4 \text{ hl} + 15 \text{ l} + 500 \text{ cm}^3 = \dots \text{ l}$

هـ) $0,6 \text{ dm}^3 - 240 \text{ cm}^3 + 0,7 \text{ m}^3 = \dots \text{ dm}^3$

١٣ — ٢٣ احسب المقادير الآتية بالوحدات المبينة :

أ) $4,25 \text{ dm}^3 \cdot 0,4 + 0,4 \text{ m}^3 = \dots \text{ dm}^3$

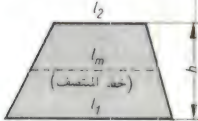
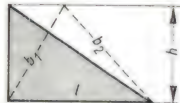
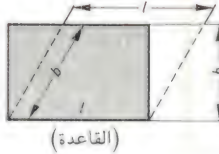

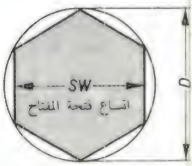

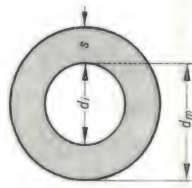
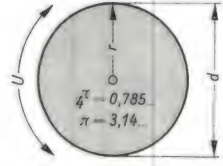
ب) $20 \text{ cm}^3 \cdot 5 - 600 \text{ mm}^3 = \dots \text{ cm}^3$

ج) $0,75 \text{ m}^3 \div 0,25 + 50 \text{ cm}^3 = \dots \text{ dm}^3$

د) $315 \text{ l} \div 15 + 0,3 \text{ hl} = \dots \text{ l}$

هـ) $345 \text{ l} \div 5 - 16 \text{ l} = \dots \text{ l}$

مساحة ومحيط الأشكال البسيطة

شبه المنحرف	المثلث	المستطيل (متوازي الأضلاع)	المربع
$A = l_m \cdot h$	$A = \frac{l \cdot h}{2}$	$A = l \cdot h$	المساحة $A = l^2$
$l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$	$U = l + b_1 + b_2$	$U = 2l + 2b$	الحيط $U = 4 \cdot l$
			
			
المسدس المنتظم	قطاع الدائرة	الحلقة المستديرة	الدائرة
$A = 0,866 (SW)^2$	$\frac{S}{A} = \frac{\alpha}{360^\circ}$	$A = \pi \cdot d_m \cdot s$	$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \pi r^2$
$SW = 0,866 D$	$\frac{b}{U} = \frac{\alpha}{360^\circ}$	$d_m = d_i + s$	$U = \pi \cdot d = 2\pi r$

نظرية فيثاغوراس :

يمكن حساب طول أي ضلع في مثلث قائم الزاوية بمعلومية طول الضلعين الآخرين طبقاً لهذه النظرية .



في المثلث القائم الزاوية تكون مساحة المربع المنشأ على الوتر مساوية لمجموع مساحتي المربعين المنشأين على الضلعين الآخرين .

وفي هذا المثال يكون :

$$\begin{aligned} c^2 &= a^2 + b^2 & c &= \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \\ b^2 &= c^2 - a^2 & b &= \sqrt{c^2 - a^2} = \sqrt{5^2 - 3^2} = 4 \\ a^2 &= c^2 - b^2 & a &= \sqrt{c^2 - b^2} = \sqrt{5^2 - 4^2} = 3 \end{aligned}$$

المساحات المركبة :

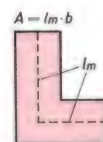
تستخدم إحدى طرق الحساب التالية لحساب مساحات مركبة :

- (١) بجمع مساحات جزئية معلومة
- (٢) بطرح مساحات جزئية معلومة
- (٣) بضرب الطول المتوسط في العرض (إذا كان العرض ثابتاً) .

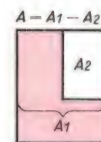
مثال :



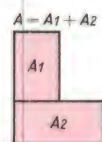
(٣)



(٢)



(١)



وباستعمال الأبعاد l_1 و l_2 و b يكون :

- (١) $A_2 = l_2 \cdot b$ و $A_1 = (l_1 - b) \cdot b$
- (٢) $A_2 = (l_1 - b) \cdot (l_2 - b)$ و $A_1 = l_1 \cdot l_2$
- (٣) $l_m = (l_1 - 0,5b) + (l_2 - 0,5b)$

حيث l_m هو الطول المتوسط

تمرينات

- ١٤-١ احسب المساحة A لسطح قلب مغنطيسي مربع الشكل بالوحدات mm^2 ، cm^2 ، m^2 إذا كان ضلع المربع:
- أ) 15 mm ب) 24 mm ج) 36 mm د) 45 mm هـ) 56 mm

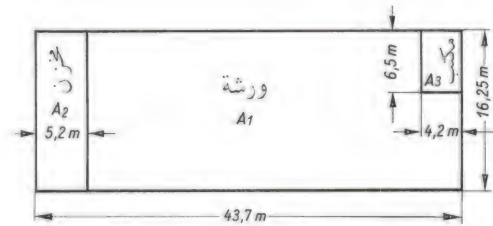
- ١٤-٢ إذا لزم 22 لوحا من الفيبر مستطيلة الشكل لعمل لوحة توزيع طبقا للأبعاد بالجدول الآتي، فما مساحة الفيبر المطلوب بالأمتار المربعة إذا اضيف 8% - مقابل البقايا عدية النفع - إلى المساحة الكلية للوحات المشغلة؟

اللوحة	العدد	l ₁	l ₂
1	12	350 mm	250 mm
2	2	0,62 m	45 cm
3	8	2,8 dm	160 mm

- ١٤-٣ احسب بالمليمتر قطر الدائرة الخارجية D لشكل سداسي اتساع مفتاحه:

- أ) 8 mm ب) 17 mm ج) 32 mm د) 65 mm هـ) 95 mm

- ١٤-٤ احسب المساحة المتبقية للورشة بعد طرح مساحتي المكتب والمخزن. يهمل سمك الجدران:

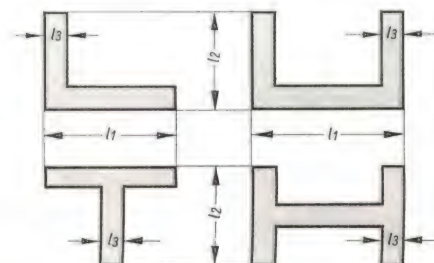


- ١٤-٥ يراد تغطية جدران حجرة معيشة مستطيلة الشكل (طولها 5,60 m وعرضها 4,20 m وارتفاعها 2,50 m) بورق حائط جديد وطلاؤها.

- أ) أوجد مساحة أرضية حجرة المعيشة (تساوي مساحة الأرضية أو مساحة السقف). ب) أوجد مساحة الجدران بعد طرح $6 m^2$ للأبواب والنوافذ. ج) أوجد طول سفلى الحجرة بالمتر (يخصم 2م مقابل فتحتي البابين)

- ١٤-٦ أوجد مساحة الأشكال التالية الموضحة بالرسم:

أبعاد المقطع	أ	ب	ج	د
l ₁ (mm)	80	50	45	60
l ₂ (mm)	40	40	30	60
l ₃ (mm)	6	5	4	4



- ١٤-٧ أوجد مساحة مقطع سلك النحاس A بالمليمتر المربع إذا بلغ قطر السلك العاري:

- أ) 1,8 mm ب) 1,1 mm ج) 0,8 mm د) 0,5 mm هـ) 0,2mm

الحل للجزء أ):

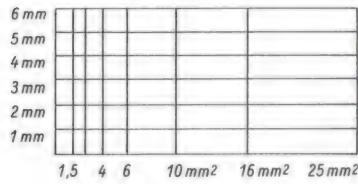
$$A = 0,785 \cdot d^2 = 0,785 \cdot 1,8 \text{ mm} \cdot 1,8 \text{ mm} = 2,54 \text{ mm}^2$$

- ١٤-٨ احسب أقطار المقاطع للأسلاك القياسية الآتية:

- أ) 1,5 mm² ب) 2,5 mm² ج) 4 mm² د) 6 mm² هـ) 10 mm² و) 16 mm² ز) 25 mm²

دون النتائج في منحنى توضيحي.

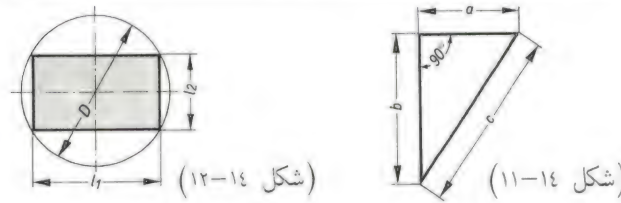
مقياس الرسم: (من مساحة المقطع) $1 \text{ cm} \approx 2 \text{ mm}^2$



- ١٤-٩ يراد استبدال موصل قطره: أ) 2,6 mm ب) 3,2 mm ج) 4,4 mm بموصلين دائريين متساويين بحيث لا تتغير المساحة الكلية للمقطع. احسب قطر الموصل البديل.

- ١٤-١٠ احسب القيم الناقصة بالجدول لمساحات المقاطع المستعرضة ذات الشكل الحلقي الدائري، ثم أوجد المساحة A لكل منها علماً بأن المحيط المتوسط $U = \pi \cdot d_m$ والقطر الخارجي d_{ex} والقطر الداخلي d_i والقطر المتوسط d_m وسمك معدن الحلقة s .

أ	ب	ج	د	هـ
4	?	55	75	?
d _{ex} (mm)				
?	17	49	?	?
d _i (mm)				
?	?	?	72	28
d _m (mm)				
1	2,5	?	?	4
s (mm)				



- ١٤-١١ احسب طول الوتر باستخدام نظرية فيثاغوراس، والأبعاد التالية:

أ	ب	ج	د	هـ
400	400	300	350	500
a (mm)				
400	500	600	550	1000
b (mm)				

- ١٤-١٢ احسب من معطيات الجدول الأبعاد الناقصة لقلوب مغنطيسية (انظر الشكل).

أ	ب	ج	د	هـ
30	15	l ₁ =l ₂	?	?
l ₁ (mm)				
20	15	?	l ₁ =l ₂	22
l ₂ (mm)				
?	?	6,25	?	?
A (cm ²)				
?	?	?	30	41
D (mm)				

الحجوم والمساحات

تطبق الصيغتان الرياضيتان لجميع الأجسام ذات المقطع الثابت

$$A_s = U \cdot l + 2 \cdot A$$

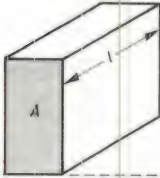
$$V = A \cdot l$$

المكعب

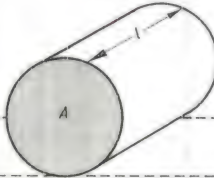
$$V = l^3$$

$$A_s = 6 \cdot A$$

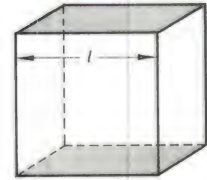
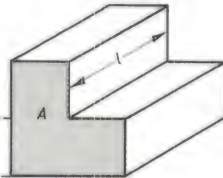
متوازي المستطيلات



اسطوانة



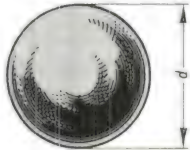
قضيب زاوية



جسم مركب

$$V = V_1 + V_2 + \dots$$

(يتكون الجسم المركب
الموضح من أسطوانتين
ومتوازي مستطيلات)



كرة

$$V = \frac{\pi \cdot d^3}{6}$$

$$A_s = \pi \cdot d^2$$



الهرم الناقص

$$V = \frac{h}{3} (A_1 + \sqrt{A_1 \cdot A_2} + A_2)$$

المخروط الناقص

$$V = \frac{\pi \cdot h}{12} (D^2 + D \cdot d + d^2)$$



الهرم

$$V = \frac{A \cdot h}{3}$$

يستعمل للمخروط أيضا
(حيث A = مساحة
الدائرة)

الكتلة - الوزن (الثقل)

هناك فرق بين الوزن G والكتلة m (كمية المادة) لجسم ما . فبينما تكون الكتلة في أي مكان ثابتة ولا تتغير بتغير الموقع ، يتغير الوزن (الثقل) تبعاً للبعد عن مركز الأرض . ففي وسط أوروبا تتساوى القيمة العددية لوزن قطعة ما بالوحدة (da N) وكتلتها بوحدة (kg) . لقياس القوة بالنيوتن (وأيضا الوزن) انظر اللوحة 18 .

الوزن (الثقل) G

الكتلة m

الوحدة : 1 N هي القوة التي تعطي لكتلة 1 kg تسارعا قدره 1 m/s ² .
1 نيوتن = 101,9 p
1 ديكانيوتن = 10 N ≈ 1 kp
1 كيلو بوند = 9,80665 N = 1 kp
$G (N) = V (cm^3) \cdot \gamma (N/cm^3)$

الوحدة : 1 kg (كيلوجرام) هو وزن 1 dm ³ من الماء عند درجة حرارة 4° مئوية
1 طن = 1000 kg = 1 t
1 كيلو جرام = 1000 g = 1 kg
1 جرام = 1000 mg = 1 g
$m(g) = V (cm^3) \cdot \rho (g/cm^3)$

الوزن النوعي γ (تنطق جاما) يساوي خارج قسمة الوزن على وحدة الحجوم . وحدة γ : N/cm³ أو kN/dm³ أو MN/m³ .

تعطي الكثافة ρ (تنطق رو) كتلة المادة التي تشغل وحدة الحجوم . وحدة ρ : g/cm³ أو kg/dm³ أو t/m³ .

تحسب الأوزان في النقل وفي محاسبة المواد بالكيلوجرام من (m = V · ρ) .

ملاحظة :

$m (g) = A (mm^2) \cdot l (mm) \cdot \rho (g/cm^3)$	سلك التوصيل :	كثافة الفولاذ ρ = 7,85 g/cm ³
$m (kg) = A (m^2) \cdot d (mm) \cdot \rho (kg/dm^3)$	ألواح معدنية :	كثافة النحاس ρ = 8,9 g/cm ³
		كثافة الألومنيوم ρ = 2,7 g/cm ³

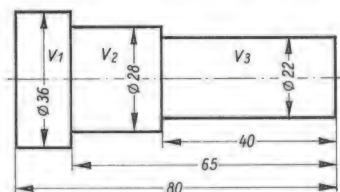
١٥ - ١٠ احسب وزن الموصلات الكهربائية غير المعزولة :

الموصل	الطول (m)	أبعاد المقطع	الكثافة (g/cm ³)
أ) قضيب من النحاس	6 m	10 mm × 50 mm	8,9
ب) قضيب من الألومنيوم	10 m	5 mm × 30 mm	2,7
ج) سلك ذو مقطع دائري من النحاس	185 m	d = 0,2 mm	8,9
د) سلك ذو مقطع دائري من الألومنيوم	94 m	d = 1,0 mm	2,7
هـ) سلك تسخين من معدن المقاومة	75 m	d = 0,5 mm	8,2
و) شريط تسخين من معدن المقاومة	120 m	0,2 mm × 1,5 mm	8,2

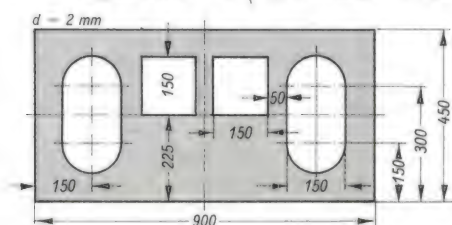
39 شیبہ لکل

Technical drawing of a mechanical part, labeled 39 شیبہ لکل. The drawing shows a side view and a top view. The side view is a U-shaped profile with a height of 25 and a base width of 7.2. The top view is a circular cross-section with an outer diameter of 190 and an inner hole of diameter 85. There are several radial slots on the right side of the circular part.

١٥- ١٢ احسب وزن المسامير المصنوع من النحاس الأصفر
ذی الكثافة $8,4 \text{ g/cm}^3$ والمبين بالشكل بالوحدتين g, kg ؟



١٥- ١٣ احسب الوزن الكلي لستة ألواح تغطية مصنعة من رقائق الفولاذ الموضحة بالرسم ($\rho = 8,75 \text{ g/cm}^3$) :



١٥ - ١٤ يراد تغطية لوحة تحكّم بالأواح من الصاج

($d=1,5 \text{ mm}$; $\rho=7,85 \text{ g/cm}^3$) الأبعاد موضحة على الرسم. احسب:

أ) المساحة الجانبية الكلية بوحدة المتر المربع (m^2)
(بدون قاعدة)

(ب) وزن ألواح التغطية بوحدة الكيلوجرام (kg)

(ج) الحجم الداخلي للوحة التحكم بوحدة المتر المكعب (m^3).



١٥- ١ ثلاثة كهربائية أبعادها الداخلية هي :

١٥- ١ ثلاثة كهربائية أبعادها الداخلية هي :

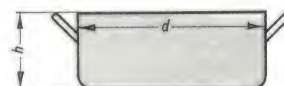
العرض = 375 mm ، العمق = 305 mm ، الارتفاع = 525 mm .

أوجد حجم الشلاجة بالتر؟

١٥-٢ احسب جميع القيم الناقصة لأوعية طبخ كهر بائة

أبعادها الداخلية كما يلي :

هـ	د	ج	ب	أ	
?	?	240	200	160	d (mm)
190	130	200	?	140	h (mm)
15,3	4	?	5,3	?	V (l)



الحل للجزء (د) :

$$A = V \div h = 4 \text{ dm}^3 \div 1,3 \text{ dm} = 3,08 \text{ dm}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{A}{\pi/4}} = \sqrt{\frac{3,08 \text{ dm}^2}{0,785}} = \sqrt{3,92 \text{ dm}^2} =$$

$$= 1,98 \text{ dm} = 198 \text{ mm}$$

١٥-٣ استخدمت ألواح من الفولاذ مساحتها $A=9,8\text{m}^2$ وسُمكها

$d = 2 \text{ mm}$ وكثافتها $7,85 \text{ kg/dm}^3$. احسب الوزن .

١٥-٤ احسب ثمن اللوح من الورق السميك الصلد (الفير)

الذي طوله 850 mm وعرضه 620 mm وسُمكه 12 mm ، إذا تكلف

1 kg منه 5,25 SR (الكثافة = $1,4 \text{ g/cm}^3$).

١٥ - ٥ مكعب من الرصاص طول ضلعه 30 cm وكثافته

($\rho = 11,3 \text{ g/cm}^3$) اوجد وزنه بالكيلوجرام .

١٥-٦ احسب وزن انبوبة (ماسورة) من الفولاذ طولها 32 m

وقطرها الخارجى 35 mm وسمك جدارها 2,5 mm ($\rho = 7,85 \text{ g/cm}^3$).

١٥-٧ كم طنا من الرمال الجافة ($\rho = 1,4 \text{ g/cm}^3$) تحتزن في

كومة على شكل مخروط ارتفاعه 2 m وقطر قاعدته $6\frac{1}{2}$ m؟

١٥-٨ احسب الوزن المترى (أى وزن قضيب طوله 1 m)

للمقاطع الجانبية بالمسألة (١٤-٦) إذا كانت مصنوعة من

الألومنيوم ذي الكثافة $\rho = 2,7 \text{ g/cm}^3$ مستخدما الصيغة

الرياضية : $m = A \cdot l \cdot g$.

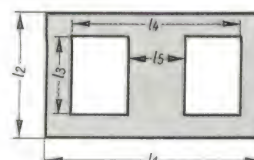
١٥-٩ تصنع قلوب المحولات من صاج المحولات (السُّمَك)

$d = 0,35 \text{ mm}$ ، انظر الأبعاد على الرسم). احسب وزن الحزمة

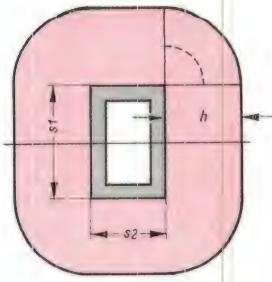
بالكيلوجرام لكثافة مقدارها $7,85 \text{ g/cm}^3$. (الأبعاد بالمليمتر،

$z = \text{عدد الرقائق في كل حزمة}.$

محور	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	z
125 VA	105	88	54	79	29	85
880 VA	170	140	90	125	45	197
2000 VA	291	209	135	165	65	209



لفائف الملفات

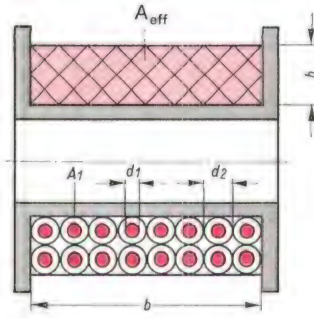


طول السلك □ :

$$l = U_m \cdot N$$

المحيط المتوسط :

$$U_m = 2s_1 + 2s_2 + \pi h$$



مساحة مقطع الليفة :

$$A_{eff} = b \cdot h$$

عدد الطبقات :

$$z = N \div N_1$$

عدد اللفات بكل طبقة :

$$N_1 = b \div d_2$$

عامل الحيز للنحاس :

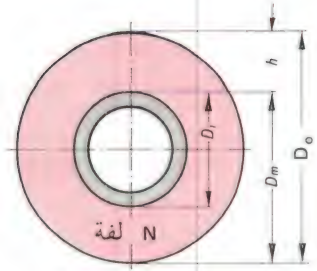
$$f_{Cu} = A_{Cu} \div A_{eff}$$

مساحة مقطع النحاس :

$$A_{Cu} = N \cdot A_1$$

مساحة مقطع الموصل :

$$A_1 = 0,785 d_1^2$$



طول السلك ○ :

$$l = \pi \cdot D_m \cdot N$$

القطر المتوسط :

$$D_m = D_i + h = D_{ex} - h$$

حسابات أطوال أخرى

يتم حساب الأطوال :

طول السلك

$$m = A \cdot l \cdot q$$

$$l = m \div (A \cdot q)$$

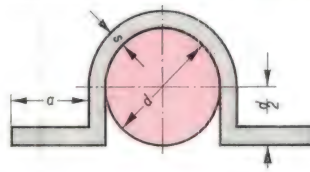
مثال : قطر السلك

$$A = 0,785 \cdot d^2$$

$$d = \sqrt{A \div 0,785}$$

(١) عن طريق تبديل الصيغ الرياضية للمساحات (لوحة ١٤) أو الصيغ الرياضية للأوزان (لوحة ١٥)

$$l = \pi(d/2 + s/2) + 2(d/2 - s/2) + 2(a + s/2)$$



(٢) في حالة حساب الطول المفرد لشرائط الحديد مثلا : تجمع الأطوال الجزئية .

$$n_1 = \frac{l}{a_1} = \frac{210}{40} = 5,25 < 6 = n$$

$$a = \frac{l}{n} = \frac{210 \text{ cm}}{6} = 35 \text{ cm}$$

مسافات بينية (n = ? a)

$$l = 2,10 \text{ m} \quad a = ? \text{ cm} < 40 \text{ cm}$$

(٣) في حالة المسافات البينية المتساوية (البعد الكلي المحدد سلفا)

لقياس رسم 1 : 20 تكون نسبة الرسم إلى المقياس الطبيعي كالنسبة 1 : 20 .
المقياس الطبيعي = أي أن الرسم = 20

1 : 2,5	1 : 20	2 : 1
1 : 5	1 : 50	5 : 1
1 : 10	1 : 100	10 : 1

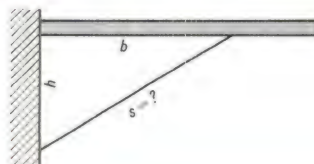
(٤) تحويل الأطوال طبقا لمقياس الرسم المستخدم :

$$h = 30 \text{ cm} ; b = 40 \text{ cm} ; s = ?$$

$$s^2 = (30 \text{ cm})^2 + (40 \text{ cm})^2$$

$$= 2500 \text{ cm}^2$$

$$s = \sqrt{2500 \text{ cm}^2} = 50 \text{ cm}$$



(٥) الدعامات والقوائم التي تكون مثلثات قائمة الزاوية تحل طبقا لنظرية فيثاغوراس .

تمرينات الفئات

١-١٦ احسب سمك العزل $s = (d_2 - d_1) \div 2$ للقيم المبينة بالجدول .

سلك نحاسي مستدير معزول أقطاره d_1 و d_2 بالمليمتر (mm)

قطر	S	2 S	B	2 B
سلك	طبقة واحدة	طبقتان من	طبقة واحدة من القطن	طبقتان من القطن
النحاس	من الحرير	الحرير	من القطن	من القطن
d_1 (mm)				
0,15	0,189	0,224	0,254	0,314 (أ)
0,4	0,447	0,477	0,527	0,627 (ب)
0,8	0,852	0,892	0,932	1,032 (ج)
1,5	-	1,620	1,640	1,740 (د)

٢-١٦ احسب للمعطيات من (أ) إلى (د) : (١) القطر المتوسط للفة لطبقة واحدة، (٢) الطول المتوسط للفة U_m (mm) بدقة حتى $\frac{1}{100}$ mm .

أ	ب	ج	د
سلك نحاسي مستدير	S 0,15	B 0,4	2S 0,8
قطر الليفة	18 mm	35 mm	60 mm
			86 mm

٣-١٦ احسب بالمليمتر المحيط المتوسط للفة من ملف ذي مقطع مستطيل بالقيم التالية :

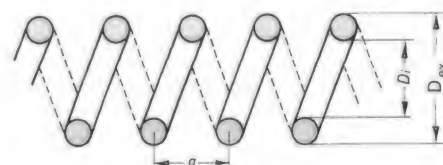
أ	ب	ج
ارتفاع الجسم	s_1 (mm)	22
عرض الجسم	s_2 (mm)	24
ارتفاع الليفة	h (mm)	10
		12
		15

٤-١٦ اوجد عدد اللفات التي يمكن لفها على عرض ملف $b=100$ mm بواسطة سلك مستدير من النحاس :
(أ) S 0,4 (ب) B 0,8 (ج) 2S 0,15 (د) B 0,4 .

٥-١٦ يراد لف 318 لفة من سلك نحاسي مستدير 2B 0,4 في طبقة واحدة على بكرة ملف (القطر الخارجي 90 mm) .
احسب : (أ) عرض اللف b بالمليمتر، (ب) طول السلك l بالمتري (ج) وزن النحاس بالكيلوجرام (kg) .

٦-١٦ لف سلك مقاومة عارٍ طوله 82 m ($d=0,5$ mm) في طبقة واحدة حول جسم اسطواني قطره 45 mm . احسب عدد اللفات N .

٧-١٦ يراد صنع ملف تسخين قطره الخارجي $D_{ex}=3,8$ m من سلك مقاومة عارٍ ($d=0,3$ mm) .
احسب : (أ) قطر شاقة اللف D_i بالمليمتر، (ب) عرض اللف b_1 بالمليمتر لسلك طوله 7,2 m، (ج) خطوة اللف $a=b_2 \div N$ إذا لف الملف بعرض جديد $b_2=0,75$ m .



٨-١٦ يبين الجدول التالي قيمًا لملفات مغنطيسية ذات بكرة لف أسطوانية . احسب القيم الناقصة :

أ	ب	ج
القطر الخارجي D_{ex} (mm)	45	55
القطر الداخلي D_i (mm)	27	35
عرض اللف b (mm)	?	58
عدد اللفات N	7000	?
طول السلك l (mm)	?	?
في غط السلك النحاسي المستدير	S 0,15	2S 0,4
عامل الحيز للنحاس (f_{Cu})	0,43	0,29

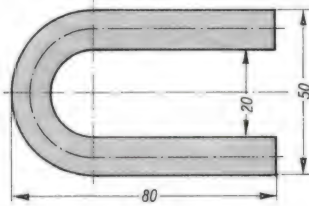
حساب الأطوال

٩-١٦ لف سلك نيكول-كروم قطره 0,35 mm ووزنه الصافي 0,42 kg (الكثافة $8,2$ g/cm³) حول أسطوانة خشبية . كم مترًا من السلك تحتويها الأسطوانة؟

١٠-١٦ سلك نحاسي عارٍ مساحة مقطعه 4 mm² (كثافته $8,9$ g/cm³) . كم مترًا تحتويها ربطة من السلك وزنها 24,5 kg .

١١-١٦ كم مترًا من موصل نحاسي NYA Cu مساحة مقطعه 45 mm² تحتويها ربطة ذات 48 لفة (القطر الخارجي 45 cm والداخلي 40 cm)؟

١٢-١٦ احسب الطول المتوسط لقلب المغنطيس الموضح بالرسم .



١٣-١٦ احسب الطول المفرد لماسك (قفيز) تثبيت كبلات طبقًا للوحة ١٦ بالأبعاد :

أ	ب	ج	د	هـ
d (mm)	30	35	50	60
s (mm)	2	2	3	4
a (mm)	40	45	50	60
				70

١٤-١٦ يراد تثبيت موصل خاص بالأماكن الرطبة طوله 12,6 m بواسطة مسكات (قفيزات) على مسافات بينية متساوية قدرها كما يلي :

(أ) 30 cm كحد أقصى، (ب) 50 cm كحد أقصى . احسب :
(١) عدد المسافات البينية، (٢) عدد الدسر (الخوابير)
(٣) المسافة البينية بين الدسر .

١٥-١٦ قيست الأبعاد الموضحة بالجدول من مخطط أفقي لمسكن، وكان مقياس الرسم كما هو مبين . أوجد الأطوال الحقيقية لهذه الأبعاد .

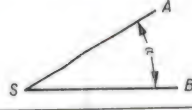
أ	ب	ج	د
مقياس الرسم	1:100	1:50	1:200
الطول في الرسم	15 mm	18 mm	23 mm
			7,4 mm

١٦-١٦ أرسم كلا من الأبعاد التالية : $l_1=18,5$ mm
 $l_2=37,5$ mm ; $l_3=26,7$ mm بمقياس رسم :
(أ) 5:1 (ب) 2:1 (ج) 1:2,5

وحدات الزوايا

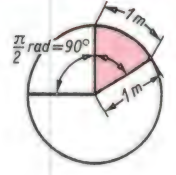
تسميات الزوايا

الزاوية = ضلعي = SB, SA
رأس الزاوية = S
الزاوية = α



$$\pi/2 \text{ rad} \div 90 = \pi/180 \text{ rad} = 1^\circ$$

$$[\pi/2 \text{ (نقطة)} \div 90 = \pi/180 \text{ (نقطة)} = 1^\circ]$$



تحدد الزاوية المستوية (مقياس دائري)
بالنسبة بين طول القوس لقطاع من دائرة
ونصف قطر الدائرة.

يرمز لوحدة الزوايا بالرمز 1 نصف قطرية (الرمز المختصر نقية rad) وتمثل بزاوية تكون النسبة بين طول قوسها الدائري ونصف قطر الدائرة مساويا للقيمة العددية 1. الزاوية القائمة (الرمز المختصر: L، وتنطق قائمة) وتساوي: $1^\circ = \frac{\pi}{2} \cdot \text{rad}$
الدرجة (الرمز المختصر: °) تساوي جزءا من 90 من الزاوية القائمة: $1^\circ = \pi/180 \cdot \text{rad}$.

مثال:

$$20^\circ 30' = 20 \frac{30}{60} = 20,5^\circ; 20,5^\circ = \frac{20,5 \cdot 2 \pi}{360} \text{ rad} = 0,358 \text{ rad}$$

$$20,5^\circ = 20^\circ + 0,5 \cdot 60' = 20^\circ 30';$$

الحروف الأبجدية اليونانية المستخدمة لتسمية الزوايا					
Zeta زيتا Z ζ	Epsilon إبسلون E ε	Delta دلتا Δ δ	Gamma جاما Γ γ	Beta بيتا B β	Alpha ألفا A α
Mu ميو M μ	Lambda لامدا Λ λ	Kappa كابا K κ	Iota يوتا I ι	Theta ثيتا Θ θ	Eta ايتا H η
Sigma سيجما Σ σ	Rho رو P ρ	Pi باي Π π	Omicron أوميكرون O o	Xi كساي Ξ ξ	Nu نيو N ν
Omega أوميغا Ω ω	Psi بسي Ψ ψ	Chi شاي X χ	Phi فاي Φ φ	Upsilon أوبسلون Y υ	Tau تاو T τ

الزمن t

الفرق بين الفترة الزمنية والوقت

مثال: الفترة الزمنية هي: 6 h 30 min 10 s

أما الوقت فهو: 6 h 30 min 10 s

مثال للحساب بكميات زمنية:

الحل: 14 h 65 min 103 s

- 3 h 57 min 48 s

11 h 8 min 55 s

15 h 6 min 43 s

- 3 h 57 min 48 s

?

الرمز المستخدم في الصيغ الرياضية t،
الوحدة 1 s (ثانية)

$$60 \text{ s} = (1 \text{ min})$$

$$60 \text{ min} = (1 \text{ h})$$

$$24 \text{ h} = \text{يوم واحد}$$



السرعة v (السرعة الزاوية ω)

السرعة المنتظمة (المسافة المقطوعة مقسومة على الزمن)

في حركة المرور بالطرق	$v = \frac{s}{t} \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right)$	السرعة (km/h) = $\frac{\text{المسافة (km)}}{\text{الزمن (h)}}$
في الفيزياء	$v = \frac{s}{t} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$	السرعة (m/s) = $\frac{\text{المسافة (m)}}{\text{الزمن (s)}}$
على الطرق الدائرية	$v = \frac{\pi \times d \times n}{60} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$	السرعة المحيطية (m/s) = المحيط (m) × عدد الدورات في الثانية
لزاوية الدوران	$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60} \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$	السرعة الزاوية (أوميغا) (rad/s) = الزاوية الكاملة (rad) × عدد الدورات في الثانية

(١) تحويل الوحدات: $1 \text{ m/s} = 1 \cdot 60 \cdot 60 \div 1000 \text{ km/h} = 3,6 \text{ km/h}$

(٢) يقاس عدد الدورات n في كل دقيقة، أي n/60 لفة في كل ثانية.

(٣) تتساوى السرعة الزاوية ω لجميع النقاط على قرص دوار.

(٤) تتغير السرعة المحيطية v في مسار دائري بتغير نصف القطر مع ثبات السرعة الزاوية: $v = \omega \cdot r$

الفرملة (الكبح)

الاقلاع (بدء التحرك)

$$-a \text{ (m/s}^2\text{)} = \frac{v \text{ (m/s)}}{t \text{ (s)}} = \frac{\text{نقص السرعة}}{\text{زمن الفرملة}}$$

$$+a \text{ (m/s}^2\text{)} = \frac{v \text{ (m/s)}}{t \text{ (s)}} = \frac{\text{زيادة السرعة}}{\text{الزمن أثناء الزيادة (الاقلاع)}}$$

تمرينات

الزاوية :

١ - ١٧ كم درجة تبين أجزاء الدائرة التالية :

(أ 1/1 ب 1/2 ج 1/3 د 1/4 هـ 1/5 و 1/12) .

١٧ - ٢ أوجد الزاوية المحصورة بين عقري الساعة عند كل من :

(أ 3^h ب 9^h ج 1^h د 12^h هـ 6^h و 4^h) .

١٧ - ٣ أوجد مقدار الجزء من الدائرة المحصور بين نصفي قطر

بينهما زاوية قدرها : (أ 90° ب 180° ج 120° د 30° هـ 36° و 72°) .

١٧ - ٤ إلى ١٧ - ٧ حوّل المقادير بالمسألة (١٧ - ٤) إلى زوايا

يَقِيَّة ، (١٧ - ٥) إلى دقائق ، ١٧ - ٦ إلى درجات ، ١٧ - ٧ إلى دقائق .

١٧ - ٤	١٧ - ٥	١٧ - ٦	١٧ - ٧
(أ) 360°	20''	20'	1/2°
(ب) 180°	40''	30'	1/3°
(ج) 90°	45''	45'	1/4°
(د) 45°	50''	50'	1/5°
(هـ) 86°	55''	58'	1/6°
(و) 57,4°	6''	1800'	1/10°

١٧ - ٨ أكمل القيم الناقصة في الجدول

أ	ب	ج
الزاوية بالدرجات (*)	72°	?
بالقياس الدائري (*)	?	2 rad
قوس الدائرة	?	8 cm
نصف قطر الدائرة	10 cm	150 mm

١٧ - ٩ أوجد طول القوس المقابل لزاوية دوران على محيط بكرة

قطرها 300 mm عند : (أ) (نقيّة) 2 rad (ب) 5 rad (ج) π rad ؟

الوقت :

١٧ - ١٠ إلى ١٧ - ١٣ حوّل المقادير بالمسألة (١٧ - ١٠) إلى

دقائق وثوان ، (١٧ - ١١) إلى ساعات ودقائق وكل من (١٧ - ١٢) و (١٧ - ١٣) إلى دقائق .

(١٧ - ١٠)	(١٧ - ١١)	(١٧ - ١٢)	(١٧ - ١٣)
(أ) 640 s	200 min	2,50 h	30 s
(ب) 425 s	450 min	6,30 h	20 s
(ج) 155 s	122 min	4,25 h	40 s
(د) 605 s	145 min	0,30 h	50 s
(هـ) 422 s	750 min	0,20 h	35 s
(و) 1000 s	1000 min	24,00 h	70 s

١٧ - ١٤ احسب الأجور الآتية بالريال :

الأجر في الساعة	8,65	7,70	7,40
(أ) الأجر اليومي (8 h)	?	?	?
(ب) الأجر الأسبوعي (40 h)	?	?	?
(ج) الدخل الشهري (175 h)	?	?	?
(د) الدخل السنوي (2100 h)	?	?	?

باعتبار فترة العمل في اليوم 8 h وفي الأسبوع 40 h وفي الشهر

175 h وفي السنة 2100 h .

١٧ - ١٥ يلزم لعملية تجميع الأزمنة التالية :

3 min + 5,5 min + 16 min + 1,2 min + 40 min + 6,5 min + 7,2 min + 0,4 min

أوجد الزمن الكلي للعمل بالساعات .

١٧ - ١٦ أتمت دراجة بخارية 25 دورة في سباق ما في

4 h 18 min 12 s احسب متوسط الزمن للدورة الواحدة .

١٧ - ١٧ احسب الأوقات الناقصة

قيام	وصول	مدة الرحلة
(أ) 0 ^h 0 ^m 0 ^s	?	17 500 s
(ب) 13 ^h 30 ^m 0 ^s	?	5 850 s
(ج) 9 ^h 15 ^m 30 ^s	?	7 000 s
(د) ?	24 ^h 0 ^m 0 ^s	12 000 s
(هـ) ?	19 ^h 22 ^m 8 ^s	15 500 s
(و) ?	15 ^h 4 ^m 13 ^s	20 220 s

السرعات

١٧ - ١٨ عدا متسابق 100 m في 11,2 s احسب السرعة v بكل

من (m/s) و (km/h) .

١٧ - ١٩ احسب جميع القيم الناقصة :

الزمن	المسافة (m)	v (m/s)	v (km/h)
(أ) تيار النهر 30 min	1800	?	?
(ب) مشاة ?	10	?	5
(ج) راكب دراجة 3 1/2 h	?	?	20
(د) حركة المرور في المدينة ?	20	?	50
(هـ) طائر السنونو 5 s	300	?	?
(و) موجة صوتية 6 s	?	333	?
(ز) سفينة فضاء أيام 3	385 · 10 ⁶	?	?
(ح) أشعة ضوئية ?	385 · 10 ⁶	3 · 10 ⁸	?

١٧ - ٢٠ تسير سيارتان على طريق بسرعة $v_1 = 80$ km/h و $v_2 = 90$ km/h . (أ) ما مقدار السرعة النسبية ؟ (ب) أوجد

الزمن اللازم للتخطي لمسافة إضافية 50 m للسيارة المتخطية

(ج) ما المسافة الكلية التي تقطعها السيارة المتخطية لإتمام

التخطي ؟ (د) ما مقدار سرعة الاصطدام إذا ما كانت

السيارتان تسيران مواجهة ؟ (هـ) احسب المسافة البينية قبل

التصادم مجابهةً بثانيتين .

مثال : تدور بكرة 10 مرات في 10 ثوان . احسب :

أولاً) سرعة الدوران n (r.p.m . ثانياً) السرعة الزاوية ω

(بالزوايا نصف القطرية لكل ثانية) . ثالثاً) السرعة المحيطية v

عند $r = 0,1$ m .

الحل : أولاً : $n = 10 : 1/6 \text{ min} = 60 \text{ r.p.m.}$

ثانياً : $\omega = 2\pi \text{ rad} \cdot n/60 = 6,28 \cdot 60/60 \text{ rad/s} = 6,28 \text{ rad/s}$

ثالثاً : $v = \omega \cdot r = 6,28 \text{ rad/s} \cdot 0,1 \text{ m} = 0,628 \text{ m/s}$

١٧ - ٢١ أكمل البيانات الناقصة بالجدول :

أ	ب	ج
سرعة الدوران (r.p.m.)	100	2000
السرعة الزاوية ω (rad/s)	?	314
قطر القرص d (mm)	200	300
نصف قطر القرص r (m)	?	?
السرعة المحيطية v (m/s)	?	?

١٧ - ٢٢ استخدمت فرملة لسيارة تسير بسرعة 45 km/h بتقاصر

$a = -2,5 \text{ m/s}^2$ (أي أنها تفقد في كل ثانية 2,5 m/s من

سرعتها) . احسب : (أ) زمن الفرملة (ب) مسافة الفرملة .

القوة واتجاهها

(١) تظهر القوة أثناء التسارع أو الفرملة (الكبح) أو القذف أو الاحتكاك ... الخ. ويمكن مقارنة كل قوة F بثقل G على بكرة أو على ميزان زنبركي.

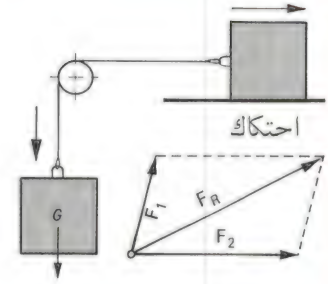
(٢) «القوة = الكتلة × التسارع»، ووحدتها:

$$1 \text{ N (نيوتن)} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2$$

$$\text{وسابقا كان يستعمل } 1 \text{ kp (كيلوبوند)} = 1 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N} \approx 10 \text{ N}$$

(٣) إذا أثرت قوتان على نقطة واحدة وأمكن تمثيلهما في المقدار والاتجاه بضلعين متجاورين من متوازي أضلاع فإنه يمكن تمثيل محصلتهما بقطر متوازي الأضلاع المار بنقطة تأثير القوتين. ويجب مراعاة اتجاه تأثير القوى عند جمعها.



الشغل الميكانيكي W - عزم الدوران M

(١) عند بذل شغل W تكون المسافة s التي تقطعها القوة هي المسار المحسوس لتأثير القوة.

$$W = G \cdot h \quad \text{ولشغل الرفع أيضا:}$$

$$W = F \cdot s$$

$$1 \text{ كيلو بوند متر (kpm)} = 9,81 \text{ نيوتن متر (Nm)} \approx 10 \text{ (Nm)}$$

(٢) يمكن تنفيذ الشغل بقوة أقل بتوزيع إحداثه على مسافة أطول لذراع تأثير القوة (عن طريق رافعة أو مرفاع يدوي أو بكارة أو عمود ملولب أو مستوى مائل ... الخ) ويمكن بذلك تنفيذه بقوة أقل.

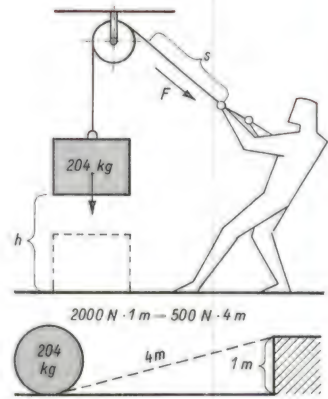
$$W = F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2$$

$$F_1 \cdot 2\pi r_1 = F_2 \cdot 2\pi r_2 \quad (٣)$$

$$\text{باختصارها ينتج: } F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$$

في حالة الشغل المبذول على مسارات دائرية (رافعة أو عمود إدارة) تكون المقارنة بين عزوم الدوران $M = F \cdot r$ ويتطلب الذراع الأطول في الرافعة قوة أصغر:

$$M = F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$$



القدرة الميكانيكية P

(١) تكون القدرة P عالية إذا ما بذل الشغل بسرعة وظل الزمن t اللازم صغيرا أي أن:

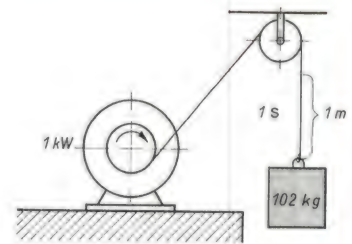
$$P \text{ تتناسب طرديا مع } 1/t$$

$$\frac{\text{الشغل (W)}}{\text{الزمن (t)}} = \text{القدرة (P)}$$

$$1 \text{ Nm/s} = 1 \text{ W} = (1 \text{ واط})$$

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W} = (1 \text{ كيلواط})$$

(٢) قدرة المحرك



$$P(W) = \frac{M \text{ (Nm)} \cdot n \text{ (r.p.m)}}{9,55} \quad (\text{انظر الصفحة ٥٤})$$

يقاس العزم M بجهاز الفرملة، n بعدد الدورات (تاكومتر).

الكفاءة η

يتحول الاحتكاك في الآلات إلى حرارة ويؤدي إلى فقد في القدرة. وتكون القدرة المستفادة (القدرة الخارجة) P_o أقل من القدرة المعطاة (المبذولة) P_i وتسمى النسبة $\frac{P_o}{P_i}$ بالكفاءة η (تنطق إيتا)

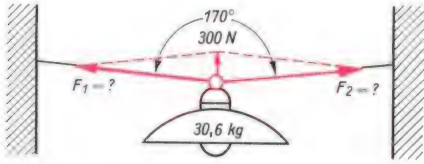
$$\eta = \frac{P_o}{P_i} = \frac{P_2}{P_1} < 1$$

ويجب أن يكون لكل من P_o و P_i نفس الوحدات أما η (إيتا) فلا تميز (ليس لها وحدات).

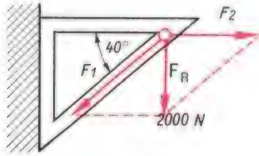
كفاءة بعض المكونات الهامة

0,1...0,2	الآلات البخارية
0,2...0,3	محركات البنزين
0,6...0,9	المحركات الكهربائية

١٨ - ٧ اوجد مقدار قوتي الشد F_1 و F_2 المؤثرتين على السلكين المشدودين الحاملين لمصباح الطريق الذي يبلغ وزنه 30,6 kg .



١٨ - ٨ اوجد القوى المؤثرة على ذراع كابول يحمل بحمل قدره 2000 N ؟



الشغل الميكانيكي

(يهمل الفقد نتيجة الاحتكاك إذا لم يذكر)

١٨ - ٩ احسب الشغل W بوحدة Nm للمسافة الرأسية لتأثير القوة (قوة الرفع تعادل الوزن) طبقا للجدول :

الارتفاع الشغل	الشحنة المرفوعة	أ (مصعد
?	25 m 75 kg	أربعة أشخاص
?	800 m	وزن كل منهم 10 t
?	3 m 0,8 t	سيارة ركوب وزنها 10 t
?	40 cm 6 t	شاحنة وزنها 0,8 t
?	6 m	مرفاع يدوي 50 kg قح
?	10 m	مضخة 1000 l ماء

١٨ - ١٠ تظهر مسافات لتأثير القوة في اتجاهات مختلفة، عند حدوث الاحتكاك، التمدد، القوة الطاردة المركزية أو التسارع... إلخ، أكمل القيم الناقصة بالجدول :

W (الشغل)	F (القوة)	s (مسافة تأثير القوة)
?	0,3 N	1,50 m
?	720 N	2,00 mm
15 Nm	?	1,20 m
2,8 kNm	4,2 kN	?
26 Nm	?	65 cm
?	981 N	5,00 m

١٨ - ١١ إذا ما قسّمت قيمة ثابتة للشغل تقسيما منتظما على مسافة تأثير أطول للقوة، قلت القوة المطلوبة لإحداث هذا الشغل. أكمل البيانات الناقصة بالجدول :

W (الشغل)	s (مسافة تأثير القوة)	F (القوة)
?	6 cm	12 kNm
?	12 cm	12 kNm
?	40 cm	12 kNm
?	1,5 m	12 kNm
?	5 m	12 kNm
?	30 m	12 kNm

تمرينات

القوة واتجاهها

١٨ - ١ ما هي القوة اللازمة لرفع الكتل التالية ضد قوة جذب الأرض (تسمى أيضا الثقل) ؟

أ	ب	ج	د	هـ
1 kg	1 g	1 t	1 mg	500 g
?	?	?	?	?

لاحظ أن لكلمة «وزن» ثلاثة معان :

(١) الوزن = الكتلة أو كمية المادة (في حالة معطيات الكيات، شحنات منقولة، بيانات المخزون وأيضا في الفرملة والتسارع) تتميز الكتلة m بالجرام (g) أو الكيلوجرام (kg) أو الطن (t).

(٢) الوزن = الثقل (على الحوامل والقواعد ونقط الارتكاز أو في التصميمات أو لإجهادات الشد أو الضغط). يعبر عن G بالوحدات (N) أو (kN) أو (MN). تجذب الأرض جسما كتلته 1 kg بقوة قدرها $10 N \approx 9,81 N$.

(٣) تسمى الأثقال المستخدمة في عملية الوزن بالأوزان (صنح).

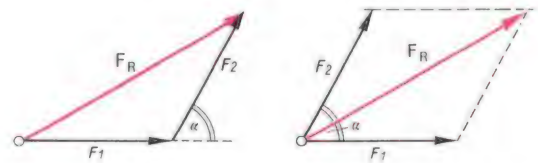
١٨ - ٢ ما هي القوة اللازمة لكي تتسارع بها عربة يد محملة خفيفة الحركة (المحولة الكلية 150 kg) على طريق مستو إلى سرعة 1,5 m/s في 1 ثانية؟

إرشاد للحل: يعطي حاصل ضرب كل من الكتلة (kg) والتسارع (m/s^2) القوة اللازمة (N).

١٨ - ٣ ما هي القوة اللازمة لكي يتسارع قطار بضائع (المحولة الكلية 500 t) إلى سرعة 45 km/h في زمن قدره 2 min 5 s (التسارع $m/s^2 = m/s \div s$)

١٨ - ٤ تؤثر قوتان: $F_1 = 100 N$ و $F_2 = 80 N$ في وقت واحد على نقطة تأثير واحدة: أ) في نفس الاتجاه ب) في اتجاهين متضادين. احسب القوة الكلية في كل حالة.

١٨ - ٥ تحصر القوتان: $F_1 = 50 N$ و $F_2 = 50 N$ (انظر الرسم) زاوية الاتجاه: $0^\circ \dots 180^\circ$ طبقا للجدول. اوجد بالرسم المحصلة F_R بواسطة متوازي أضلاع القوى أو بمثلث القوى (أي بصف متجهات القوة خلف بعضها البعض) :



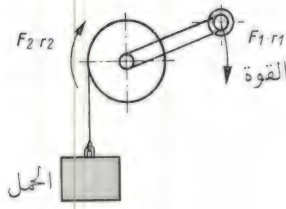
ارسم القوى من (أ) إلى (ز) بمقياس رسم: 1 mm \triangleq 1 N

أ	ب	ج	د	هـ	و	ز
90°	45°	15°	0°	120°	150°	180°
?	?	?	?	?	?	?

١٨ - ٦ اوجد المحصلة بالرسم من البيانات المدونة بالجدول :

أ	ب	ج	د	هـ	و	ز
30	70	3	200	4	60	0,5
80	50	6	100	5	80	0,3
90°	60°	45°	30°	120°	90°	50°

القوة الدورانية وعزم الدوران



١٨ — ٢٠ يدار الذراع المرفقي للمفاف ($r=0,5\text{ m}$) بقوة $F_1=120\text{ N}$.
 (أ) أوجد مقدار عزم دوران الذراع $F_1 \cdot r_1$ ؟ ما مقدار القوة F_2 عندما يكون قطر الأسطوانة كما هو وارد بالجدول:

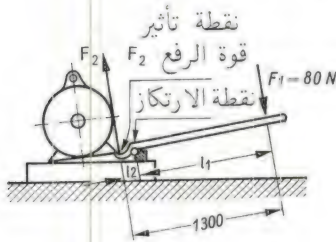
ب	ج	د	هـ	و
d (m)	0,5	0,4	0,3	0,25
F_2 (N)	?	?	?	?

١٨ — ٢١ يولد محرك كهربائي قوة محيطية قدرها $F_c=40\text{ N}$ على محيط عضوه الدوران ($d=25\text{ cm}$). احسب قوة شد المحرك المؤثرة على محيط العضو الدوران من البيانات المدونة بالجدول:

أ	ب	ج	د	هـ
d (cm)	10	12,5	15	18
F (N)	?	?	?	?

لماذا لا تعطى قوة الشد F_1 في المحركات وإنما يعطى عزم الدوران M ؟

١٨ — ٢٢ احسب قوة الرفع F_2 في الشكل التالي. إذا بلغت المسافة بين نقطة الدوران ونقطة التأثير لطرف الرافعة في لحظة بدء الرفع $l_2=100\text{ mm}$.



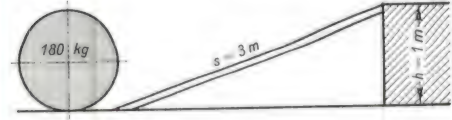
١٨ — ٢٣ تؤثر قوة $F_1=650\text{ N}$ على رافعة ذات ذراعين من الحديد طولها 1,2m بحيث كان الحمل على بعد 90 mm من نقطة الدوران. احسب F_2 .

١٨ — ٢٤ رفع حمل قدره 370 kg من طرف واحد بواسطة رافعة طولها 1,6m. احسب F_1 إذا وضع الحمل على بعد 112 mm من نقطة الارتكاز.

١٨ — ٢٥ ما مقدار القوة اللازمة لرفع عربة يد محملة بحمل كلي قدره 75 kg بالتوزيع التالي؟

أ	ب	ج	د
ذراع القوة (cm)	150	150	167
ذراع الحمل (cm)	45	30	45

١٨ — ١٢ يراد دحرجة برميل به 180 kg من الزيت على لوحين من الخشب طول كل منهما 3 m لرفعه على رصيف تفريغ ارتفاعه 1 m. ما مقدار القوة اللازمة لذلك؟



١٨ — ١٣ يراد رفع محرك ثقيل كتلته 250 kg إلى قاعدته على ارتفاع 80 cm بواسطة دلافين دحرجة ومستوى مائل طولها 6 m. احسب قوة الشد.

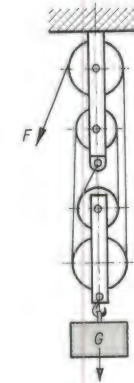
١٨ — ١٤ يراد رفع شحنة كتلتها $m=60\text{ kg}$ بواسطة بكرة متحركة وزنها 8 kg. يضاف 5% من الحمل الكلي مقابل الفقد نتيجة الاحتكاك.

(أ) أوجد طول الحبل الواجب سحبه لرفع الشحنة 10 cm.

(ب) أوجد النسبتين العدديتين $F:G$, $s:h$.

(ج) ما مقدار القوة F اللازمة للرفع؟

(د) كيف يمكن توفير مقدار أكبر من القوة؟

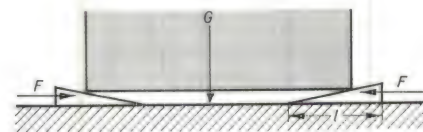


١٨ — ١٥ بكرة ذات 4 بكرات تحتوي على 4 حبال. أوجد القوة اللازمة لرفع أقصى شحنة مسموح بها 240 kg (أضف 12 kg للبكرات) مع إهمال الاحتكاك.

١٨ — ١٦ يسمح لبكرة ذات 6 بكرات بحمل 400 kg. احسب قوة الشد اللازمة لأقصى حمل (أضف 20 kg للبكرات).

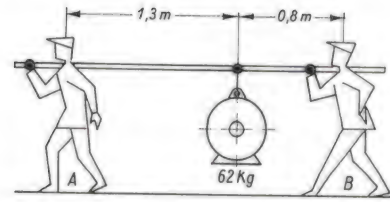
١٨ — ١٧ يراد رفع حمل، كتلته 2t بواسطة مرفاع لولبي سهل الحركة. فإذا كان طول ذراع الإدارة 20 cm، ما مقدار القوة اللازمة لرفع الحمل مسافة 10 cm في 8 دورات مع إهمال الاحتكاك؟

١٨ — ١٨ يراد رفع حمل كتلته $m=1,2\text{ t}$ (أضف 10% للفقد في الاحتكاك) بخابورين متوافقي الدق (الطول 24 cm والارتفاع 3 cm). ما مقدار القوى اللازمة؟ انظر الشكل:



١٨ — ١٩ يعمل ملفاف بأسطوانة قطرها 20 cm وذراع مرفقي نصف قطره 40 cm. ما مقدار التوفير في القوة (%) (مع إهمال الفقد)؟

١٨ - ٣٤ يرفع مصعد كهربائي حملا قدره 1 t في زمن 0,5 min إلى ارتفاع 18 m ويستهلك أثناء ذلك قدرة مقدارها 11 kW .
ما مقدار كفاية تجهيزة المصعد؟



١٨ - ٣٥ احسب قيم القدرة الناقصة بالجدول :

د	ج	ب	أ	
?	5,5 kW	6 kW	10 kW	القدرة المعطاة (P_i)
?	4,75 kW	?	?	القدرة المستفادة (P_o)
1,2 kW	?	0,8 kW	?	الفقد في القدرة (P_f)
0,7	?	?	0,85	الكفاية (η)

١٨ - ٣٦ أكمل المعطيات لتجهيزات المحركات طبقا للجدول :

د	ج	ب	أ	
720 N	?	6,0 kN	500 N	القوة المستفادة (F)
?	12 m	14 m	1,50 m	مسافة تأثير القوة (s)
3,6 kNm	?	?	?	الشغل (W)
?	3 min	?	2 s	الزمن (t)
450 Nm/s	?	?	?	القدرة المستفادة (P_o (Nm/s)
?	?	5,5 kW	?	P_o (kW)
?	1200 W	?	?	الفقد بالواط (W)
?	?	?	0,5 kW	القدرة المعطاة (P_i (kW)
0,6	?	0,88	?	الكفاية (η)

١٨ - ٣٧ تتغير القدرة المستفادة من محرك كهربائي حسب التحميل مع السرعة الدورانية ، ويمكن تعيين P_o لكل سرعة دورانية للمحرك عن طريق قياس عزم الفرملة . أكمل البيانات الناقصة بالجدول :

د	ج	ب	أ	
95,5 N	95,5 N	43 N	10 N	قوة الفرملة (F)
85 cm	1m	95,5 cm	0,955 m	ذراع الرافعة (r)
1 420	900	1 380	2 750	السرعة الدورانية (n)
?	?	?	?	القدرة المستفادة (P_o (kW)

١٨ - ٣٨ احسب قدرة محرك يعطي عزم دوران قدره 10 Nm لعمود الإدارة عند 2 865 دورة في كل دقيقة .

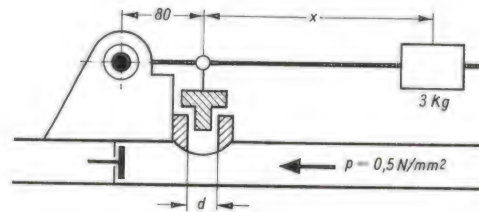
١٨ - ٣٩ كم كيلوواط يمكن أن ينقلها سير إدارة (مقطعه $80 \text{ mm} \times 7 \text{ mm}$ ، ويمكن تحميله بحد أقصى قدره 120 N/cm^2) ؟
تدور البكرة (d=220 mm) بسرعة 960 r.p.m.

١٨ - ٣٦ احسب الحمل على كل من A و B في الشكل الموضح أعلاه .

إرشاد للحل : اختر إما A أو B كنقطة ارتكاز لرافعة ذات ذراع واحد . والحمل الكلي $A+B$.

١٨ - ٣٧ صمام الأمان الموضح بالشكل له فتحة مرور مستديرة ذات $d=15 \text{ mm}$.

ما مقدار طول الذراع x اللازم لكي يفتح الصمام عند ضغط قدره $0,5 \text{ N/mm}^2$ ($p_u \approx 5 \text{ bar}$) .



القدرة والكفاية

١٨ - ٣٨ احسب القدرة بالكيلوواط (kW) من البيانات الواردة بالجدول التالي :

t (s)	s (m)	F (kN)	
20	6	1,25	أ) عامل بناء
80	24	24	ب) مرفاع للبناء
60	30	10	ج) رشاش للحريق
1	4	900	د) مسقط مياه

١٨ - ٣٩ يحرك حصان عربة بقوة شد 720 N عند السير بسرعة 7,5 km/h . احسب القدرة بوحدة kW .

١٨ - ٣٠ احسب بالكيلوواط قدرة الرفع ملفاف يرفع حملا قدره 1,5 t بسرعة رفع مقدارها 6 m/min .

١٨ - ٣١ احسب الزمن اللازم لتشغيل مضخة قدرتها 0,5 kW لتسحب 80 m^3 من الماء من قبو مغمور بالمياه (ارتفاع الرفع 3 m) ؟

١٨ - ٣٢ كم مترا مكعبا من الماء يجب امداده لتوربين ما في كل ثانية من مسقط مياه ارتفاعه 4,50 m لكي يولد قدرة 600 kW ؟

١٨ - ٣٣ سحب مولد كهربائي $P_1=5,5 \text{ kW}$ عند عمود الإدارة وأعطى $P_2=4,5 \text{ kW}$ عند لوحة التوزيع . ما مقدار كفايته ؟

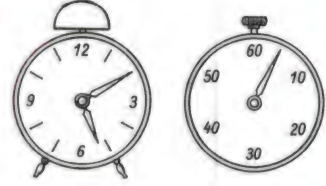
دقة القياس وعدد الخانات

تعتبر دقة القياس شرطاً أساسياً لدقة الحساب

مثال : قيس زمن قدره 2h بواسطة ساعة منبه ، ثم استعملت ساعة إيقاف لقياس زمن قدره 14,3 s فيكون مجموع الزمن كما يلي :

$$2\text{ h} + 14,3\text{ s} = 2 \cdot 3600\text{ s} + 14,3\text{ s} = 7214,3\text{ s} (???)$$

يظهر حاصل الجمع هذا أن دقة القياس لا يمكن الحصول عليها من ساعة المنبه . يجب المطابقة بين دقة الحساب ودقة القياس عند تقييم القياسات . وبالنسبة للقياسات الكهربائية يكفي الحساب بثلاثة أرقام (يتراوح الخطأ في حدود 1%). أمثلة عددية : (١) 0,00136 (٢) 0,0136 (٣) 0,136 (٤) 1,36 (٥) 13,6 (٦) 136 (٧) 1360 (٨) 13600 ... وهكذا .



مثال : 13,549 ≈ 13,5

13,550 ≈ 13,6

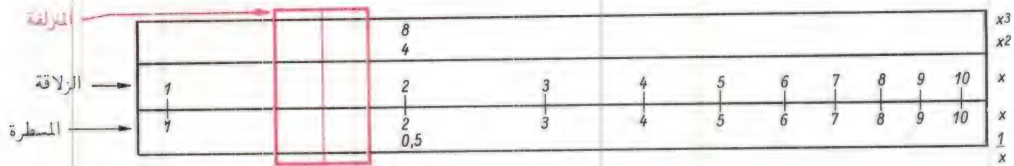
13,650 ≈ 13,7

13,651 ≈ 13,7

يحذف الرقم الرابع وما يليه من أرقام أو يستبدل بأصفار ، إذا كان الرقم الرابع 0 أو 1 أو 2 أو 3 أو 4 .
أما إذا كان الرقم الرابع 5 أو 6 أو 7 أو 8 أو 9 فيرفع الرقم الثالث بمقدار 1 ، وتحذف الأرقام التالية أو تستبدل بأصفار .

المسطرة الحاسبة

يمكن قراءة ثلاثة أرقام بدقة في الضرب والقسمة باستعمال المسطرة الحاسبة .



الضرب (مثال 3.2)	تضبط نهاية الزلاقة (1 أو 10) فوق العدد الأول على المسطرة	تحرك المرزقة وتضبط على العدد الثاني فوق الزلاقة ، ثم تقرأ النتيجة تحت العدد الثاني على المسطرة .
القسمة (مثال 3÷2)	تضبط المرزقة فوق العدد المقسوم ثم تحرك الزلاقة حتى ينطبق العدد المقسوم عليه على شعرة المرزقة فوق العدد الأول .	ثم تقرأ النتيجة تحت نهاية الزلاقة (1 أو 10) .

(١) يمكن إجراء جميع عمليات الضرب والقسمة باستخدام نهاية واحدة فقط للزلاقة . جرب ذلك بنفسك .

(٢) لاحظ التدريجات أثناء قراءة الرقم الثالث : على اليسار 1/100 ، في الوسط 2/100 على اليمين 5/100 .

(٣) احسب بتتابع الأرقام فقط . حدد مرتبة العدد بعد ذلك بعملية تحقيق قصيرة .

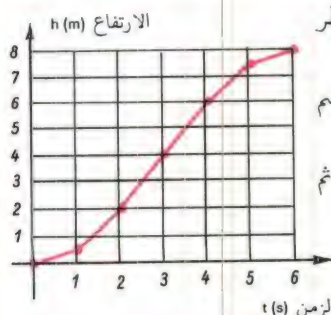
$$\text{مثال : } 40,5 = (4-0-5) \cdot (3-1-4) = (1-2-9) \cdot 12,9 \cdot \pi = ?$$

وذلك لأن $12,9 \cdot \pi > 10 \cdot 3$

(٤) تقرأ الأعداد التكعيبية x^3 والأعداد التربيعية x^2 ومقلوب العدد $\frac{1}{x}$... إلخ مباشرة بواسطة المرزقة .

(٥) تقرأ الجذور التكعيبية من تدريج x^3 إلى تدريج x والجذور التربيعية من تدريج x^2 إلى تدريج x (لمرتبة العدد انظر اللوحة (١١) .

المنحنيات الخصائصية (البيانية)



(١) يفضل عادة تسجيل القياسات أو الحسابات ذات النوعية المتماثلة كمنحنيات (انظر الشكل) . المميزات : تعطي تعبيراً شاملاً وتتطلب مجهوداً أقل كما يمكن قراءة القيم البيانية .

(٢) يحدد نطاق المنحنى على ورق مقسم مربعات بواسطة تقاطع محورين كل منهما بمقياس رسم معين . وتوقع وحدات الكمية المعطاة أفقياً ووحدات الكمية المطلوب إيجادها رأسياً .

(٣) تعطي كل نتيجة نقطة على المنحنى . مثال : يصعد مصعد مسافة 0,5 m في زمن قدره 1 s ، ثم يصعد مسافة 2 m بعد زمن قدره 2 s ... إلخ . توصل النقط ببعضها بواسطة المسطرة .

(٤) تعطي الكميات التي بينها تناسب طردي منحنى خصائصياً خطياً ويمكن تحديده بواسطة نقطتين فقط .

تمرينات

- ١٩ - ١ مامقدار الخطأ في المائة عند التقريب إلى ثلاثة أرقام في المسائل التالية : أ) $10,0 \approx 10,05$ الخطأ = % ؟
ب) $100 \approx 99,95$ الخطأ = % ؟
ج) $1,00 \approx 1,005$ الخطأ = % ؟
د) $10,0 \approx 9,995$ الخطأ = % ؟

ملاحظة : يمكن أن يزداد الخطأ المنوي بقدر كبير عند الطرح ، لذا تراعى الدقة في الحساب .

مثال : يبين المثال التالي المقارنة بين نسبة الخطأ في الرقبن 20,05 و 20,00 ، وهو $\frac{1}{4}\%$ ، أما بعد الطرح فيزداد الخطأ إلى 5% .

$$20,05 - 19 = 1,05$$

$$20,00 - 19 = 1,00$$

$$\left(\frac{1}{4}\%\right) \quad (5\%)$$

١٩ - ٢ اكتب الأعداد التالية بالتقريب أو الحذف في ثلاثة

$$\text{أرقام . أ) } 18,9275 \approx ? \quad \text{و) } 267877 \approx ?$$

$$\text{ب) } 305,822 \approx ? \quad \text{ز) } 30,0489 \approx ?$$

$$\text{ج) } 0,32581 \approx ? \quad \text{ح) } 525700 \approx ?$$

$$\text{د) } 0,04255 \approx ? \quad \text{ط) } 0,40424 \approx ?$$

$$\text{هـ) } 0,4245 \approx ? \quad \text{ي) } 7265,00 \approx ?$$

١٩ - ٣ قم بالقرين على قراءة ثلاثة أرقام متتابعة على المسطرة الحاسبة .

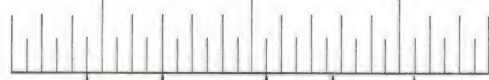
أ) بالتقسيم العشري :



ب) بالتقسيم الخمسي :



ج) بالتنصيف :



مثال : اضرب 244×777 .

خطوات الحل باستعمال المسطرة الحاسبة :

- (١) توضع نهاية الزلاقة مقابل 2-4-4 على المسطرة .
(٢) تضبط المنزلقة على 7-7-7 على الزلاقة (إذا تعذر ذلك كرر الخطوتين بواسطة النهاية الأخرى للزلاقة) .
(٣) تبين المنزلقة 1-9-0 على المسطرة .
(٤) تدقيق مرتبة العدد $160\,000 = 200 \times 800$ النتيجة : 190 000
ينصح عند بدء التدريب على المسطرة الحاسبة بتدقيق كل قراءة وذلك بإعادة الحساب .

١٩ - ٤ اجر عمليات الضرب التالية مستعملا المسطرة الحاسبة :

$$\text{أ) } 2,00 \times 3,00 \quad \text{و) } 6060 \times 0,314$$

$$\text{ب) } 2,00 \times 7,00 \quad \text{ز) } 124\,000 \times 0,42$$

$$\text{ج) } 19,3 \times 17,1 \quad \text{ح) } 534 \times 2,25$$

$$\text{د) } 48,5 \times 258 \quad \text{ط) } 96,5 \times 0,845$$

$$\text{هـ) } 1,83 \times 0,374 \quad \text{ي) } 0,088 \times 0,436$$

مثال : اقسم (244 ÷ 777) مستعملا المسطرة الحاسبة .

(١) ضع المنزلقة على 2-4-4 على المسطرة .

(٢) اضبط الزلاقة عند 7-7-7 فوق الرقم السابق .

(٣) اقرأ الأرقام المتتابعة الموجودة تحت نهاية الزلاقة وهي

3-1-4 .

(٤) دقق مرتبة العدد : $200 \div 800 = 0,25$.

النتيجة : 0,314

١٩ - ٥ اقسم باستعمال المسطرة الحاسبة :

أ) $88,0 \div 2,00$	و) $380 \div 1,73$
ب) $155 \div 124$	ز) $48400 \div 220$
ج) $8000 \div 372$	ح) $8,25 \div 3600$
د) $51,7 \div 269$	ط) $0,911 \div 543$
هـ) $785\,000 \div 48,7$	ي) $65\,600 \div 0,746$

المنحنيات الخصائص

١٩ - ٦ استهلاك الطاقة في مصنع ما كما يلي :

الشهر	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
kWh	22 650	20 125	25 200	25 875	29 350	24 400

ارسم المنحنى بحيث يمثل المحور الأفقي الأشهر : مقياس الرسم هو : 20 mm تناظر شهرا واحداً . يمثل المحور الرأسي استهلاك الطاقة من 20 000 kWh إلى 30 000 kWh . مقياس الرسم : $1\text{ mm} \approx 100\text{ kWh}$ (الدقة حتى $\frac{1}{4}\text{ mm}$) .

١٩ - ٧ يتناسب السعر والوزن طرديا في المنحنى البياني لسعر النحاس وهو 20 SR لكل 1 kg :

اكتب على المحور الأفقي القيم من 0 إلى 100 kg ($1\text{ mm} \approx 1\text{ kg}$) ، وعلى المحور الرأسي القيم من 0 حتى 300 SR ($1\text{ mm} \approx 2\text{ SR}$) وبتحديد نقطتين يمكن رسم المنحنى البياني الخطي الذي يبين السعر لأي وزن من النحاس .

١٠ - ٨ يعطي محرك عند التحميل الإسمي عزم دوران قدره 12 Nm . تتناسب قوة الشد عكسيا مع نصف قطر البكرة . ارسم المنحنى البياني طبقا للبيانات الواردة بالجدول .

r (cm)	6	8	12	16	24	32
F (N)	200	150	100	75	50	37,5

وقّع على المحور الأفقي القيم من 0 إلى 32 cm (نصف القطر $5\text{ mm} \approx 1\text{ cm}$) وعلى المحور الرأسي القيم من 0 إلى 200 N ($5\text{ mm} \approx 10\text{ N}$) .

١٩ - ٩ يمكن قراءة خانتين للأعداد التريعية والجذور التريعية بدقة من المنحنى البياني على شكل قطع مكافئ معادلته : $y = x^2$. اكتب على المحور الأفقي : الأعداد من 1 إلى 10 ($10\text{ mm} \approx 1$) للمتغير x وعلى المحور الرأسي الأعداد من 1 إلى 100 ($1\text{ mm} \approx 1$) للمتغير y .

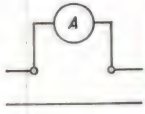
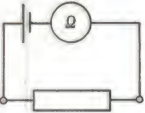
ارسم المنحنى البياني طبقا للجدول :

$x = \sqrt{y}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$y = x^2$	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100

كميات القياس في دوائر التيار المستمر :

الإلكترونات هي حاملات الظواهر الكهربائية (يعني نقصها وجود شحنة موجبة في حين تعني زيادتها وجود شحنة سالبة). ويبلغ قطر الإلكترون $0,000\ 000\ 000\ 000\ 0564\ \text{mm}$ وهذا يعني أنه لا يرى بعين الإنسان المجردة. ويتم التعرف على سلوك الإلكترونات وقوانين الكهرباء عن طريق القياس (يكون اتجاه التيار الكهربائي عكس اتجاه حركة الإلكترونات).

ويقاس في دوائر التيار المستمر كل من :
 الجهد الكهربائي
 شدة التيار الكهربائي
 المقاومة الكهربائية
 القدرة الكهربائية
 الشغل الكهربائي
 ويقاس واحدة من تلك الكميات نحصل على نتيجة القياس وهي قيمة عددية ووحدة.

القياس :	الكمية المقاسة :	توضيح :	الوحدة :	مضاعفات وأجزاء الوحدة :
	الجهد U	ميل الإلكترونات إلى التعادل بين نقطتي قياس (هو سبب سريان التيار الكهربائي).	فولط V	كيلو فولط = kV ملي فولط = mV
	شدة التيار I	تزيد بزيادة عدد الإلكترونات التي تمر في موصل ما كل ثانية ($6,3 \cdot 10^{18}$ إلكترون $\approx 1\ \text{A} \cdot \text{s} \approx 1$ أمبير ثانية).	أمبير A	ملي أمبير = mA ميكرو أمبير = μA
	المقاومة R	قدرة موصل التيار على إعاقة تدفق الإلكترونات.	أوم Ω	كيلو أوم = k Ω ميغا أوم = M Ω
	القدرة P	تتحول القدرة الكهربائية عن طريق كبح الإلكترونات إلى قدرة حرارية أو ميكانيكية.	واط W	كيلو واط = kW ميغا واط = MW
	الشغل W	يسجل العداد حاصل ضرب القدرة الكهربائية في زمن التشغيل لحساب الشغل المستهلك.	واط ثانية Ws	واط ساعة = Wh كيلو واط ساعة = kWh

قراءة التدريجات

يشير المؤشر إلى قيمة القياس على تدريج جهاز القياس. ويمكن القراءة مباشرة بمعايرة التدريج بوحدات القياس (قيمة القياس = نتيجة القياس)، ويتم اختيار المجال المناسب من مجالات القياس العديدة في أجهزة القياس المتعددة الأغراض. وهنا يقرأ على النحو التالي :



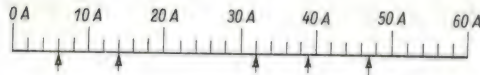
نتيجة القياس = قيمة القياس \times قيمة جزء التدريج
 قيمة جزء التدريج = $\frac{\text{مجال القياس}}{\text{العدد الأخير في التدريج}}$



مثال : مجال القياس 6V وعدد أجزاء التدريج 3 وقيمة القياس 1.7 جزء تدريج
 قيمة جزء التدريج : $6V \div 3 = 2V$
 نتيجة القياس : $1.7 \cdot 2V = 3.4V$

تدريج لجهاز متعدد القياسات

٢٠ - ١٧ اقرأ القياسات الخمسة بالأمبير :

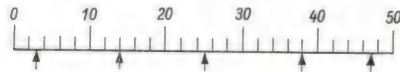


٢٠ - ١٨ ينقسم تدريج جهاز قياس متعدد الأغراض إلى 30 قسم تدريج . اوجد قيمة قسم التدرج ونتائج القياس الخمس لكل مجال قياس :



مجال القياس	قيمة جزء التدرج	النتائج الخمس
أ) 300 V	?	?
ب) 60 V	?	?
ج) 12 V	?	?
د) 3 V	?	?
هـ) 12 A	?	?
و) 3 A	?	?
ز) 0,6 A	?	?
ح) 0,12 A	?	?

٢٠ - ١٩ يراد قراءة خمسة قياسات بجهاز قياس متعدد الأغراض ذي تدرج واحد مقسم إلى 50 قسم تدريج يقرأ لمجال قياسات مختلفة . أكمل الجدول .



مجال القياس	قيمة جزء التدرج	النتائج الخمس
أ) 500 V	?	?
ب) 125 V	?	?
ج) 25 V	?	?
د) 10 V	?	?
هـ) 10 A	?	?
و) 2 A	?	?
ز) 0,5 A	?	?
ح) 0,1 A	?	?

٢٠ - ٢٠ يلزم تعيين قيمة قسم التدرج ونتائج القياس لجميع مجالات القياس لجهاز قياس متعدد الأغراض ومقسم إلى 30 قسم تدريج . أكمل الجدول .



مجال القياس	قيمة جزء التدرج	النتائج الخمس
أ) 600 V	?	?
ب) 120 V	?	?
ج) 30 V	?	?
د) 6 V	?	?
هـ) 6 A	?	?
و) 1,2 A	?	?
ز) 0,3 A	?	?
ح) 0,06 A	?	?

تمرينات

٢٠ - ١ أ) كم فولطاً تساوي 150 kV ؟

ب) كم ملي فولطاً تساوي 0,0004 V ؟

ج) حول 27 000 mV إلى كيلوفولط kV !

إرشاد لحل : للتحويل من kV إلى V نضرب إلى 1000 mV تراح الفاصلة العشرية

٢٠ - ٢ اكتب بطريقة مختصرة :

أ) 380 000 V ب) 0,007 V ج) 0,000 002 kV

٢٠ - ٣ تولّد خلية ضوئية جهداً تبعاً لشدة الإضاءة يتراوح بين 0 و 40 mV ، ما مقدار ذلك بالفولط ؟

٢٠ - ٤ تولّد مزدوجة حرارية جهداً قدره 27,7 mV عند درجة حرارة 500°C . كم فولطاً يساوي هذا الجهد ؟

٢٠ - ٥ اوجد القيم الناقصة بالجدول التالي :

أ	ب	ج	د	هـ	و	ز
10 kV	0,75	-	-	?	?	12,5
?	?	?	?	5 250	400	?
-	-	125	15	-	-	-

٢٠ - ٦ أ) كم kV يساوي $1,2 \cdot 10^6$ V ؟

ب) كم mV يساوي $40 \cdot 10^{-3}$ V ؟

تراح الفاصلة العشرية تبعاً لقوى العشرة

٢٠ - ٧ ما مقدار شدة التيار 0,9 mA مقاسة بالأمبير ؟

٢٠ - ٨ حول تيار التحكم في حاجز إضاءة (300 μ A) إلى أمبير .

٢٠ - ٩ اختر طريقة مختصرة لكتابة كل من :

أ) 0,000 02 A ب) 85 000 mA ج) 2 100 000 μ A

د) 0,0075 mA هـ) 0,0822 A و) 0,000 000 06 A

٢٠ - ١٠ اوجد القيم الناقصة بالجدول التالي :

أ	ب	ج	د	هـ	و	ز
1,25 A	?	-	0,073	-	-	0,07
?	?	?	?	0,52	?	?
?	?	?	3 250	?	450	?

٢٠ - ١١ اوجد قيمة التيار الكلي :

$0,4 A + 80 000 \mu A + 0,007 A + 33 mA = ? mA$

٢٠ - ١٢ أ) حول $5,5 \cdot 10^6 \mu A$ إلى A .

ب) كم mA تساوي $400 \cdot 10^{-6} A$ ؟

٢٠ - ١٣ تلزم المقاومات التالية لإصلاح جهاز استقبال إذاعي . اوجد مقاديرها بالأوم :

أ) 40 k Ω ب) 0,16 k Ω ج) 1,2 M Ω د) 0,3 M Ω

٢٠ - ١٤ اكتب أنسب صورة للتعبير عن المقادير الآتية :

أ) 63 000 Ω ب) 2 500 000 Ω ج) 0,0008 Ω

٢٠ - ١٥ اوجد القيم الناقصة في الجدول التالي :

أ	ب	ج	د	هـ	و	ز
M Ω	-	-	2,4	0,56	?	0,02
k Ω	?	1,2	?	?	?	13,5
Ω	880	?	?	?	45 000	?

٢٠ - ١٦ اقرأ القياسات الخمسة بالفولط :

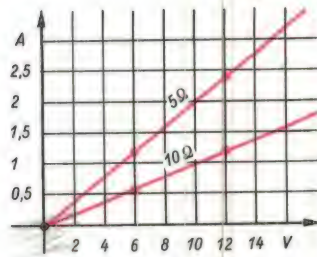


حساب قيم فرق الجهد U والتيار I والمقاومة R

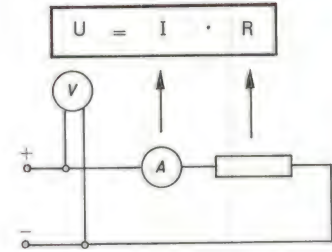
التوصيل

القراءات (أمثلة) :

منحنى I, U



	U	I	R
1	6 V	0,6 A	10 Ω
2	12 V	1,2 A	10 Ω
3	6 V	1,2 A	5 Ω
4	12 V	2,4 A	5 Ω



إذا ما أبعدت جميع التجهيزات والتوابع عن أي جهاز كهربائي فيبقى فيه موصل على شكل لفات فقط ، أي مقاومة كهربائية .

ملاحظة : تعني كلمة «مقاومة كهربائية» إحدى ثلاثة مفاهيم :

- (١) ظاهرة أن موصل التيار يعوق تدفق الإلكترونات (المقاومة المادية) .
- (٢) جهاز يستفاد من مقاومته .
- (٣) قيمة مقاومة الجهاز R مقاسة بالأوم .

وطبقا للمواصفات القياسية فإن : $1 \text{ أوم} = 1 \text{ فولت لكل أمبير}$. وهذا يعني أنه : إذا مر تيار 1 A في الجهاز فإن جهد التوصيل U بالقولط يجب أن يتساوى تماما في المقدار مع مقاومة الجهاز R بالأوم أي أن فرق الجهد U يتناسب طرديا مع شدة التيار I . فإذا مر تيار قدره I بدلا من 1 A ، يلزم جهد قدره (التيار I مضروبا في المقاومة R) :

U = I · R	الجهد = شدة التيار × المقاومة	بوحدة V و A و Ω
-----------	-------------------------------	--------------------

مثال : ما مقدار جهد التوصيل اللازم لفرن تسخين مقاومته 110Ω ليمر تيار 2 A في سلك التسخين ؟

الحل : $U = I \cdot R = 2 \text{ A} \cdot 110 \Omega = 220 \text{ V}$

$$\frac{U}{I} = \frac{I \cdot R}{I}$$

$$\frac{U}{R} = \frac{I \cdot R}{R}$$

بقسمة طرفي المعادلة على I ، وينقل R إلى اليسار نحصل على :

بقسمة طرفي المعادلة على R وينقل I إلى اليسار ، نحصل على :

$R = \frac{U}{I}$	$\frac{\text{الجهد}}{\text{شدة التيار}} = \text{المقاومة}$
-------------------	--

$I = \frac{U}{R}$	$\frac{\text{الجهد}}{\text{المقاومة}} = \text{شدة التيار}$
-------------------	--

تتيح لنا الصيغة الرياضية للمقاومة حساب المقاومات المجهولة إذا علم كل من الجهد وشدة التيار (القياس غير المباشر للمقاومة) .

مثال : يستهلك مصباح 100 W تيارا قدره 0,425 A عند جهد قدره 235 V . أحسب قيمة R .

الحل : $R = U \div I = 235 \text{ V} \div 0,425 \text{ A} = 553 \text{ V/A}$
 $R = 553 \Omega$

تتلف منابع الجهد والأجهزة الكهربائية وأجهزة القياس وخطوط التوصيل إذا ما تعدى التيار قيمته الإسمية المسموح بها . ويمكن بواسطة الصيغة الرياضية للتيار حساب شدة التيار قبل توصيل الدائرة وبذلك تتفادى التحميلات الزائدة لدائرة التيار . تتناسب شدة التيار طرديا مع الجهد U وعكسيا مع المقاومة R . انظر المنحنى الخصائصي العلوي للعلاقة بين I و U .

ملاحظة : ينطبق قانون أوم فقط ، إذا ما قيست الكميات U و I و R لنفس المقاومة . ويجب أن تكون الكميات الجزئية أو الكلية عند الحساب بوحدة V و A و Ω .

المواصلة الكهربائية G

المواصلة الكهربائية G هي القيمة العكسية للمقاومة R . ووحدةها :

سيمنر (S) = أمبير لكل قولط = واحد/أوم ($S = A/V = 1/\Omega$)

مثال : جهاز مقاومته 50Ω وصل بجهد قدره 100 V . أحسب كلاً من G و I .

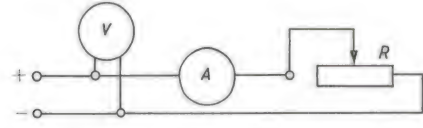
$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{50 \Omega} = 0,02 \text{ S} \quad I = \frac{U}{R} = U \cdot G = 100 \text{ V} \cdot 0,02 \text{ S} = 2 \text{ A}$$

$$G = \frac{1}{R}$$

$$G = I \div U$$

$$I = G \cdot U$$

٢١-١ احسب كميات القياس الناقصة في الدائرة المرسومة :



المقاومة (R)	شدة التيار (I)	الجهد (U)
100 Ω	2 A	?
60 Ω	5 A	?
16 Ω	10 A	?
25 Ω	?	100 V
40 Ω	?	200 V
50 Ω	?	400 V
?	25 A	1000 V
?	6 A	42 V
?	0,5 A	6 V

حل الجزء (أ) كمثال : $U = I \cdot R = 2 \text{ A} \cdot 100 \Omega = 200 \text{ V}$

٢١-٢ يسمح بتحميل جرس منزل مقامته قدرها 6 Ω بتيار قدره 1,5 A. ما مقدار الجهد المسموح به؟

٢١-٣ وصلت لفائف تسخين فرن كهربائي مقاومتها 55 Ω بمنبع جهد قدره 220 V. احسب شدة التيار : (أ) لخط التغذية ، (ب) لخط العودة .

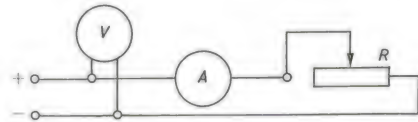
٢١-٤ اوجد قيمة المقاومة في دائرة التيار الموصلة على 220 V لكي لا ينصهر المصهر 10 A الموصل على التوالي؟

٢١-٥ تعطي بطارية سيارة ذات جهد 12 V عند بدء الإدارة 96 A. احسب المقاومة في دائرة التيار لبادئ التشغيل .

٢١-٦ يسمح بتحميل مقاومة اختبار قدرها 25 Ω بتيار قدره 2,5 A. كم فولطاً يسمح بتوصيلها على المقاومة؟

٢١-٧ يسحب مصباح متوهج تياراً قدره 0,25 A عند جهد توصيل قدره 240 V. احسب مقاومة التشغيل للمصباح؟

٢١-٨ احسب الكميات المقاسة الناقصة بالجدول بدقة حتى ثلاثة أرقام :



المقاومة (R)	شدة التيار (I)	الجهد (U)
166 Ω	?	127 V
148 Ω	2,45 A	?
77,2 Ω	?	42 V
?	0,89 A	228 V
3250 Ω	0,032 A	?
?	0,667 A	6,3 V
0,12 Ω	33,4 A	?
933 Ω	?	382 V

مثال : وضع مصهر أمان 6 A في دائرة تيار لمنزل موصلة بجهد قدره 220 V. ما قيمة المقاومة التي تمنع استجابة المصهر؟

الحل : $U = 220 \text{ V}; I = 6 \text{ A}; R = ? \Omega$

(بالتقريب حتى 3 أرقام) $R = \frac{U}{I} = \frac{220}{6} \Omega = 36,7 \Omega$

٢١-٩ احترق سلك تسخين ذو مقاومة قدرها 18 Ω عند تيار قدره 16 A. ما قيمة الجهد الذي تسبب في انصهاره .

٢١-١٠ حدث قصر دائرة على لفائف محرك عند أطراف نهاياته بحيث أصبحت دائرة التيار تحتوي على مقاومة الكبل وقدرها 0,4 Ω فقط . احسب تيار دائرة القصر لجهد شبكة قدره 440 V .



٢١-١١ يوجد دائرة قصر في كبل التوصيل التالف لمكواة كهربائية . ما مقدار التيار المار عند جهد قدره 225 V إذا كانت مقاومة الموصل 0,3 Ω؟

٢١-١٢ يستهلك موصل نحاسي NYA بهذا قدره 2,5 V عند تيار قدره 10 A ما مقدار مقاومته؟

٢١-١٣ ما مقدار المقاومة الأومية لفتيلة إضاءة في المصباح الخلفي لدراجة علماً بأن البيانات 6 V/0,05 A مطبوعة على قاعدته .

٢١-١٤ تتغير مقاومة التشغيل لموقد طهي موصل بجهد قدره 220 V تبعاً لوضع المفتاح :

وضع المفتاح	0	1	2	3
المقاومة	∞	220 Ω	60,5 Ω	32,2 Ω

احسب شدة التيار في كل حالة .

٢١-١٥ اوجد قيمة التيار الذي يسحبه مشع حراري مقاومته 16 Ω وموصل بجهد قدره 110 V؟

٢١-١٦ وصلت لفيفة تسخين 60 V/0,5 A بطريق الخطأ بجهد قدره 220 V .

(أ) احسب مقاومة الليفة .

(ب) ما مقدار التيار المار عند جهد قدره 220 V؟

(ج) ما النتيجة المترتبة على ذلك بالنسبة لليفة؟

٢١-١٧ احسب قيمة التيار المسحوب من لفيفة تسخين مقاومتها 24 Ω للجهود الاسمية التالية :

أ	ب	ج	د	هـ	و	ز
24 V	40 V	60 V	80 V	110 V	125 V	220 V

٢١-١٨ طبقاً لتعليمات التركيب لشركة الكهرباء لا يجوز أن يستهلك موصل الإنارة أكثر من 3,3 V. اوجد المقاومة المسموح بها إذا أعد مصهر الأمان على أساس تيار قدره 16 A؟

٢١-١٩ احسب التيار المسحوب في الحالات التالية :

(أ) لإضاءة سيارة 6 V/0,4 Ω .

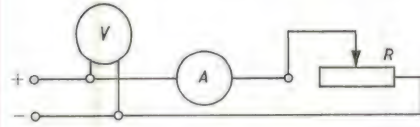
(ب) لبادئ تشغيل سيارة 6 V/0,036 Ω .

(ج) عصارة غسيل بالطرء المركزي 220 V/480 Ω .

(د) لمسخن مياه 220 V/8 Ω .

الكميات الجزئية والكميات الكلية

٢٠ - ٢١ احسب كميات القياس الناقصة بالتقريب لثلاثة أرقام :



المقاومة (R)	شدة التيار (I)	الجهد (U)
5 kΩ	50 mA	?
?	1,5 A	0,5 kV
?	200 μA	380 V
33 Ω	78 mA	?
0,8 MΩ	?	0,66 kV
?	0,7 A	480 mV
1,9 MΩ	240 μA	?
750 mΩ	630 A	?
?	140 μA	930 mV

مثال :

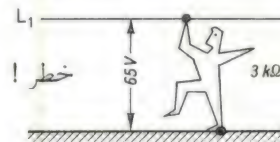
تعطي بطارية جهدها 24 V تيارا قدره 9 mA . ما مقدار المقاومة الموصلة في دائرة التيار ؟

الحل :

$$U = 24 \text{ V}; I = 0,009 \text{ A}; R = ? \Omega$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{24}{0,009} \Omega = \frac{24000}{9} \Omega = 2670 \Omega = 2,67 \text{ k}\Omega$$

٢١ - ٢١ تعتبر قيمة الجهد 65V كجهد تلامس خطر طبقا لتعليمات VDE 0100 وتقدر مقاومة جسم الإنسان بمقدار 3 kΩ :



كم ملي أمبير تمر في جسم الإنسان وتعتبر خطرة عند ذلك الجهد ؟

٢١ - ٢٢ يسحب فولتметр تيارا قدره 9,5 mA عند قراءة جهد قدره 380 V . ما مقدار مقاومة الجهاز ؟

٢١ - ٢٣ مَرَجَل (ريليه Relay) مقاومته 120 Ω يعمل عند تيار قدره 36 mA . ما مقدار الجهد المطلوب ؟

٢١ - ٢٤ يبين أمبيرمتر ذو مقاومة داخلية مقدارها 60 mΩ عند الانحراف التام قراءة قدرها 3 A . ما مقدار الجهد الذي يستهلكه جهاز القياس ؟

٢١ - ٢٥ يراد توصيل مقاومة تجارب قدرها 2,5 kΩ (يمكن تحميلها بتيار قدره 300 mA) بجهد قدره 80 V . أوجد شدة التيار المتوقعة ؟

٢١ - ٢٦ يُفقد جهد قدره 400 mV عند طرف مسبار ملولب غير محكم الربط ، عند التحميل بتيار قدره 16 A . أوجد قيمة مقاومة التلامس ؟

٢١ - ٢٧ يمر تيار قدره 20 μA خلال خلية ضوئية معرّضة للضوء عند توصيلها بجهد قدره 90 V . احسب المقاومة الداخلية للخلية الضوئية .

٢١ - ٢٨ نشأت مقاومة تلامس قدرها 50 mΩ نتيجة لعدم إحكام ربط مسبار حامل للتيار في لوحة توزيع . ما مقدار هبوط الجهد عند موضع التلامس إذا مر به تيار قدره 80 A ؟

٢١ - ٢٩ يراد اختبار مقاومة عزل عند جهد اختبار قدره 3 kV فإذا قيس تيار التسرب وكان مقداره 200 μA ، أوجد قيمة المقاومة ؟

٢١ - ٣٠ جهاز لاسلكي به مقاومة قدرها 1,5 MΩ موصلة بجهد قدره 200 V . أوجد شدة التيار المار بها .

٢١ - ٣١ يلزم أن تصل مقاومة عزل منشأة كهربائية 220 kΩ على الأقل عند جهد قدره 220 V . وعند جهد اختبار قدره 500 V بين سلكين (غير موصلين بالشبكة وبدون توصيل حمل) كان تيار التسرب قدره 800 μA . احسب مقاومة العزل ، هل هي كافية ؟

٢١ - ٣٢ وُصِّل كبل تيار مستمر ذو مقاومة عزل قدرها 4 MΩ بجهد قدره 6 kV . ما مقدار تيار التسرب المار خلال العازل ؟

٢١ - ٣٣ احسب القيم الناقصة بالجدول طبقا لقانون أوم .

R (Ω)	U (V)	I (A)
5 · 10 ³	2 · 10 ³	?
1 · 10 ²	?	26
?	2,2 · 10 ⁵	3 · 10 ²
80	4,4 · 10 ²	?
3,5 · 10 ²	15 · 10 ³	?
?	3,8 · 10 ⁵	4 · 10 ⁻²
6 · 10 ³	?	1,8 · 10 ⁻⁶
?	40 · 10 ⁻³	5,5 · 10 ⁻⁵
1,33 · 10 ⁶	4 · 10 ³	?

التغيّرات في القيم والمنحنيات الخصائصية .

٢١ - ٣٤ وصلت مقاومة قدرها 120 Ω بجهد قدره 60 V . أوجد زيادة شدة التيار بالأمبير إذا رفع الجهد :

(أ) بمقدار 50% (ب) بمقدار 75% (ج) بمقدار 100%

٢١ - ٣٥ يمر تيار قدره 825 mA في دائرة كهربائية . فإذا زاد جهد المنبع إلى أربعة أمثاله ، احسب شدة التيار عند ثبات المقاومة .

٢١ - ٣٦ وُصِّل سلك تسخين ذو مقاومة ثابتة بمجهود مختلفة على التوالي :

	1	2	3	4	5	6	7
U (V)	50	100	150	250	25	10	5
I (A)	11,3	22,6	?	?	?	?	?

(أ) احسب النسبة العددية لتغيّر الجهد من الجدول

(1 إلى 2 إلى 3 إلخ)

(ب) ما النسبة العددية الواجب وجودها بين التيارات .

(ج) أوجد قيم التيارات الناقصة .

٢١ - ٣٧ يمر تيار قدره 810 mA خلال مقاومة ذات قيمة أومية ثابتة. احسب التيار I عند رفع الجهد :

(أ) بنسبة 1:2 (واحد إلى اثنين) ، (ب) بنسبة 1:4 (واحد إلى أربعة) ، (ج) بنسبة 1:10 (واحد إلى عشرة) .

٢١ - ٣٨ يحتوي المنحنى الخصائفي بين U و I للمقاومة 10 Ω (انظر اللوحة ٢١) على محور أفقي لقيم الجهد. عين قيم التيار على المحور الرأسي لكل من القيم المناظرة بالقولط. دقق النتائج عن طريق الحساب $I = U \div R$.

مثال : حدد 2 قولط (إلى أعلى) حتى التقاطع مع المنحنى الخصائفي للمقاومة 10 Ω ثم اتجه (إلى اليسار) تجد المقدار 0,2 A .
البرهان : $I = U \div R = 2 \text{ V} \div 10 \Omega = 0,2 \text{ A}$

٢١ - ٣٩ حل المسألة السابقة على المنحنى الخصائفي U و I للمقاومة 5 Ω (انظر اللوحة ٢١) .

٢١ - ٤٠ عين الجهود المطلوبة لقيم التيارات الموضحة بالجدول على المنحنى الخصائفي U و I للمقاومة 5 Ω (انظر اللوحة ٢١) :

أ	ب	ج	د	هـ
0,8 A	1,2 A	1,6 A	2,5 A	3,2 A

التيار

برهن النتائج حسابيا .

مثال على المنحنيات الخصائية :

ارسم المنحنى الخصائفي بين U و I لمقاومة 120 Ω/2 A على ورق مربعات مليمتري .

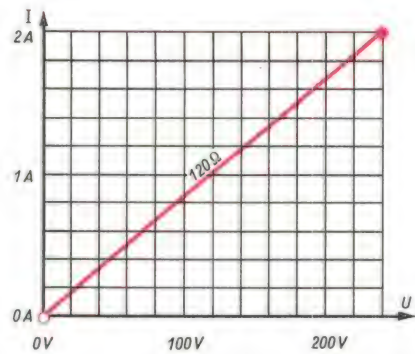
الحل :

الجهد المسموح به : $U = I \cdot R = 2 \text{ A} \cdot 120 \Omega = 240 \text{ V}$

المحور الأفقي من 0 V إلى 240 V (مقياس الرسم : 1 cm ينظر 20 V) .

المحور الرأسي من 0 V إلى 2 A (مقياس الرسم : 1 cm ينظر 0,2 A) .

ارسم نقطة تمثل التحميل المسموح به (عند 2 A, 240 V) ثم صل هذه النقطة بخط مستقيم مع نقطة الصفر . والآن يمكن قراءة جميع قيم U و I.



٢١ - ٤١ ارسم المنحنى الخصائفي للعلاقة بين U و I للمقاومة 300 Ω/1,3 A . استخرج بعض القيم من المنحنى ثم برهنها حسابيا .

٢١ - ٤٢ عند التمثيل البياني للكميات المناسبة طرديا تنتج منحنيات خصائية خطية فقط . أما المنحنيات الخصائية الأخرى فتحدد نقطة بنقطة ، ثم توصل هذه النقط بواسطة مسطرة أو منطرة . ويمكن قراءة شدة التيار المقابلة لكل مقاومة مباشرة على المنحنى الخصائفي بين R و I للجهد 120 V (وبالعكس) :

R (Ω)	20	24	30	40	60	80	100	120
I (A)	6	5	4	3	2	1,5	1,2	1

اكتب تلك القيم على محاور متقاطعة ، ثم صل بينها للحصول على المنحنى الخصائفي بين R و I للجهد 120 V ، إلى اليمين من 0 Ω إلى 20 Ω و I إلى أعلى من 0 A إلى 6 A .

٢١ - ٤٣ وُصِلت مقاومة متغيرة بجهد قدره 230 V وضبطت بالتتابع على قيم المقاومة التالية :
1000 Ω - 250 Ω - 100 Ω - 50 Ω - 25 Ω

(أ) اوجد جميع قيم شدة التيار بالأمبير عند هذه المقاومات .
(ب) بين النسب العددية للقيم المتزايدة لشدة التيار . اوجد كذلك النسب المقابلة لقيم المقاومات .
(ج) اوجد النسبة المئوية لزيادة شدة التيار إذا خُفِضَت المقاومة بنسبة 50% .

المواصلة الكهربائية G

٢١ - ٤٤ عين مواصلة لفيفة ملف مقاومتها 20 Ω ؟

٢١ - ٤٥ اوجد المواصلة بالسيمنز لسلك تحكم ذي مقاومة قدرها 25 Ω .

٢١ - ٤٦ عين مقدار تغير شدة التيار 6 A عند ثبات الجهد وزيادة : (أ) المقاومة إلى ثلاثة أمثالها (ب) المواصلة إلى ثلاثة أمثالها ؟

٢١ - ٤٧ احسب مقاومة كبل مواصلته 8 S .

٢١ - ٤٨ اوجد قيمة مواصلة قولطومتر مقاومته الداخلية 40 kΩ .

٢١ - ٤٩ ما مقدار مواصلة عزل كبل يسمح بتيار تسرب 1 mA عند جهد اختبار قدره 500 V ؟

٢١ - ٥٠ حمل كبل ذو مواصلة 1,7 S بتيار شدته 30 A . احسب هبوط الجهد في الكبل .

٢١ - ٥١ ما مقدار مواصلة مقاومة متغيرة مقدارها 100 Ω والتي يكون :

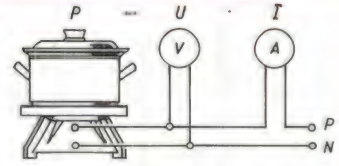
(أ) طولها بالكامل (ب) 30% فقط من طول سلكها في دائرة التيار ؟

٢١ - ٥٢ احسب القيم الناقصة بالجدول

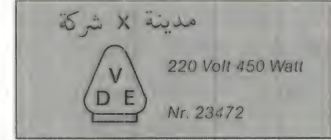
أ	ب	ج	د	هـ	و
12,5 Ω	20 kΩ	? Ω	0,0294 Ω	? Ω	15 mΩ
? S	? mS	1,35 S	? S	56 S	? S

الصيغ الرياضية للقدرة

تستهلك الأجهزة الكهربائية أثناء تشغيلها قدرة كهربائية وتحولها إلى قدرة نافعة (مثل قدرة تسخين أو قدرة ميكانيكية) وتزداد القدرة (P) المأخوذة طردياً مع جهد التوصيل (U) والتيار المار (I).



لوحة البيانات للأجهزة:



يسحب الجهاز القدرة الاسمية المعطاة عند الجهد الاسمي فقط (لقدرة المحرك انظر أسفل الصفحة).

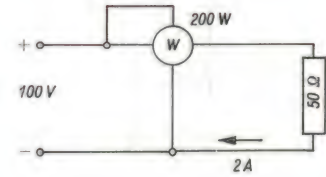
الوحدات :	1 واط (W) = 1 فولت · 1 أمبير
الصيغة الرياضية :	$P = U \cdot I$
	القدرة = الجهد × التيار

وحدة الكميات الكبيرة : 1 كيلو واط = 1 kW = 1000 W = 1000 واط
تبديلات : $I = P \div U$ لحساب التيار
 $U = P \div I$ لحساب الجهد
وتصلح هذه الصيغ أيضاً للتيار في أجهزة التدفئة والمصابيح المتوهجة .

الصيغ الرياضية للقدرة وقانون أوم

مثال :

التمرين	U	I	R	P	الخطوة الأولى للحل	الخطوة الثانية للحل
أ	100 V	2 A	?	?	$R = U \div I = 50 \Omega$	$P = U \cdot I = 200 W$
ب	100 V	?	50 Ω	?	$I = U \div R = 2 A$	$P = U \cdot I = 200 W$
ج	100 V	?	?	200 W	$I = P \div U = 2 A$	$R = U \div I = 50 \Omega$
د	?	2 A	50 Ω	?	$U = I \cdot R = 100 V$	$P = U \cdot I = 200 W$
هـ	?	2 A	?	200 W	$U = P \div I = 100 V$	$R = U \div I = 50 \Omega$
و	?	?	50 Ω	200 W	انظر أسفل	انظر أسفل



إذا علمت كميّتان مقاستان في الدائرة الكهربائية الموضحة فإنه يمكن حساب الكيّتين الناقصتين باستعمال قانون أوم والصيغة الرياضية للقدرة .
أما في المسائل التي يرد فيها R و P فتلزم صيغ رياضية أخرى للقدرة (بالتبديل في الصيغ الرياضية المعروفة) :

$P = I^2 \cdot R$	$P = \frac{U^2}{R}$
$P = U \cdot I$	$P = U \cdot I$
$U = I \cdot R$	$I = \frac{U}{R}$
$P = I \cdot R \cdot I$	$P = U \cdot \frac{U}{R}$
$P = I^2 \cdot R$	$P = U^2 \div R$

$$I^2 = P \div R$$

$$I = \sqrt{P \div R}$$

$$I = \sqrt{200 \div 50 \Omega}$$

$$I = \sqrt{4 A}$$

$$I = 2 A$$

$$U^2 = P \cdot R$$

$$U = \sqrt{P \cdot R}$$

$$U = \sqrt{200 \cdot 50 V}$$

$$U = \sqrt{10\,000 V}$$

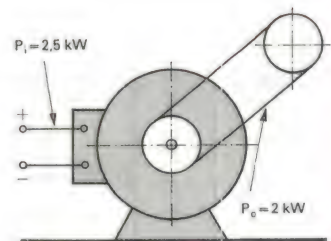
$$U = 100 V$$

الكفاءة والقدرة الاسمية :

لكل جهاز كهربائي كفاءة ويرمز لها بالرمز η (تنطق إيتا) (انظر اللوحة رقم ١٨)

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} < 1$$

القدرة الاسمية (P_N) لأجهزة التسخين : هي القدرة الكهربائية المعطاة (P_i) عند الجهد الاسمي والقدرة الاسمية (P_N) للمحركات : هي القدرة (P_o) الميكانيكية المستفادة عند أعلى تحميل مسموح به .



المثال المبين على اليمين : $\eta = \frac{2 kW}{2.5 kW} = 0.8$ ، أي أن القدرة المستفادة = 80% .

تمرينات

٢٢ - ١ قيس جهد قدره 50 V وتيار شدته 2 A على مقاومة سلكية . اوجد قدرة التسخين للمقاومة؟

٢٢ - ٢ نسي سائق سيارة أن يطفئ الأضواء عند إيقافها . وكان حمل الإضاءة 102 W . احسب شدة تيار البطارية لجهد أطراف 6 V؟

٢٢ - ٣ يمر تيار قدره 3 A في مسخن قدرته 1200 W . اوجد جهد توصيل المسخن .

٢٢ - ٤ احسب القدرة الاسمية ومقاومة التشغيل لمصباح متوهج يعمل بالبطارية مطبوع على قاعدته البيانات 2,5 V / 0,2 A .

٢٢ - ٥ اوجد الحمل (القدرة بالواط) المسموح بتوصيله في دائرة الإنارة التالية :

جهد الشبكة	المصدر	قيمة الحمل
220 V	6 A	?
220 V	10 A	?
220 V	16 A	?

٢٢ - ٦ احسب التيار المسحوب في الأجهزة طبقا للبيانات بالجدول :

الجهاز	القيم الاسمية	التيار
أ) كايوة لحام	220 V / 200 W	?
ب) مسخن غاطس	220 V / 500 W	?
ج) مكواة	220 V / 800 W	?
د) مشع تسخين	220 V / 1500 W	?
هـ) مسخن مياه كهربائي	220 V / 4 kW	?

٢٢ - ٧ احسب للمصابيح المتوهجة الواردة بالجدول التالي :

أ) شدة التيار عند الجهد الاسمي الكامل
ب) مقاومة فتيل الإضاءة المتوهج . قارن بين النتائج .

القيم الاسمية	شدة التيار	المقاومة
100 W / 230 V	?	?
25 W / 230 V	?	?
5 W / 24 V	?	?
5 W / 6 V	?	?

٢٢ - ٨ تم تأمين خط توصيل لمقبس ذي مقاومة $0,2 \Omega$ لتيار قدره 16 A كحد أقصى . احسب :

أ) الجهد المستهلك في سلك التوصيل عند التحميل الكامل للتيار .

ب) القدرة التي تتحول الى حرارة في سلك التوصيل الموجود تحت الملاط .

٢٢ - ٩ انفك (انخل) مسمار طرف ملولب في علبة التوزيع ، بحيث نشأت مقاومة تلامس قدرها $350 \text{ m}\Omega$ عند نقطة الإتصال علما بأنه يمر في نقطة التوصيل الملولة تيار قدره 15 A .

احسب :

أ) الجهد المفقود في علبة التوزيع .

ب) قدرة التسخين غير المرغوب فيها عند نقطة الاتصال .

خط حديدي في مصنع تستهلك 0,8 MW عند 1,2 kV . احسب تيار الجر .

٢٢ - ١١ تعطي دائرة كهربائية القياسات التالية :

$R = 20 \Omega$	$U = 40 \text{ V}$	$I = 2 \text{ A}$	$P = 80 \text{ W}$
-----------------	--------------------	-------------------	--------------------

اوجد الأعداد الواجب وضعها ، إذا :

أ) ضعف الجهد ب) رفع الجهد إلى ثلاثة أمثاله

ج) خفض الجهد إلى النصف؟

٢٢ - ١٢ اوجد المقاومة التي يجب انتقاؤها للفيقة تسخين $500 \text{ W} / 110 \text{ V}$.

٢٢ - ١٣ يبين الواطنتر الموصل بمحرك محمل يعمل بالتيار المستمر 1,76 kW . ويبين الأمبيرتر القراءة 4 A تماما . ما مقدار مقاومة التشغيل للمحرك في هذه اللحظة؟

مثال :

ماهو التيار الواجب سريانه في مقاومة 100Ω لكي تعطي قدرة تسخين قدرها 500 W ؟

الحل : $R = 100 \Omega ; P = 500 \text{ W} ; I = ? \text{ A} ; P = I^2 \cdot R$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{500}{100}} \text{ A} = \sqrt{5} \text{ A} = 2,24 \text{ A}$$

٢٢ - ١٤ اوجد أقصى شدة تيار يمكن تحميلها للمقاومات التالية :

أ) $10 \Omega / 40 \text{ W}$	هـ) $1500 \Omega / 6 \text{ W}$
ب) $1000 \Omega / 100 \text{ W}$	و) $25 \Omega / 4 \text{ W}$
ج) $500 \Omega / 25 \text{ W}$	ز) $1 \text{ M}\Omega / 0,5 \text{ W}$
د) $1 \text{ M}\Omega / 2 \text{ W}$	ح) $25 \text{ k}\Omega / 0,1 \text{ W}$

٢٢ - ١٥ احسب أقصى جهد توصيل مسموح به للمقاومات :

أ) $10 \Omega / 10 \text{ W}$	هـ) $50 \text{ k}\Omega / 4 \text{ W}$
ب) $50 \Omega / 0,25 \text{ W}$	و) $2 \text{ k}\Omega / 100 \text{ W}$
ج) $300 \text{ k}\Omega / 0,5 \text{ W}$	ز) $30 \Omega / 2 \text{ W}$
د) $5 \text{ M}\Omega / 0,1 \text{ W}$	ح) $10 \Omega / 0,25 \text{ W}$

٢٢ - ١٦ احسب القيم الناقصة في الجدول التالي :

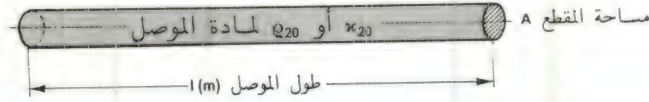
القدرة	شدة التيار	الجهد	المقاومة
3 W	?	0,4 kV	?
450 W	750 mA	?	?
?	?	660 V	3,3 M Ω
28 kW	?	220 kV	?
250 mW	?	?	1,8 M Ω
?	2·10 ² A	5·10 ³ V	?

٢٢ - ١٧ أخذت بيانات التشغيل لأقصى تحميل مستمر مسموح به من لوحة بيانات القدرة لمحرك قديم يعمل بالتيار المستمر : $P_N = 2,2 \text{ kW}$, $U_N = 440 \text{ V}$, $I_N = 6 \text{ A}$ بالواط ، ب) الكفاية عند التحميل الاسمي .

٢٢ - ١٨ يعمل محرك تيار مستمر $4 \text{ kW} / 220 \text{ V}$ عند التحميل الاسمي بفقد في القدرة بنسبة 20% . ما مقدار التيار الذي يسحبه حينئذ؟

٢٢ - ١٩ احسب القدرة المعطاة بالواط لمضخة تعمل بمحرك وتضخ 50 l من الماء في كل دقيقة لارتفاع أ) 3 m ، ب) 12 m (انظر اللوحة ١٨)

يمكن قياس مقاومات الموصلات كهربائياً، كما يمكن حسابها أيضاً بواسطة أبعادها في الفراغ بالاستعانة بثوابت المادة.



الصيغة الرياضية للمقاومة باستخدام ρ_{20}

R تتناسب طردياً مع l
R تتناسب طردياً مع $\frac{1}{A}$
R تتناسب طردياً مع ρ_{20} (مقاسة عند $+20^\circ\text{C}$)

$$R = \frac{\rho_{20} \cdot l}{A}$$

$$\Omega = \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m} \cdot \text{m}}{\text{mm}^2}$$

- (١) تزداد المقاومة R لموصل كهربائي بزيادة طول الموصل l (بالمتر m)
- (٢) تزداد المقاومة R كلما صغرت مساحة المقطع A (بالمليمتر المربع mm^2)
- (٣) تعتمد المقاومة R على نوع الموصل: قارن بين عينات طول كل منها 1 m ومساحة مقطعه 1 mm^2 والتي تسمى مقاومتها بالمقاومة النوعية ρ (Rho)

يعطي سلك طوله 1 m ومساحة مقطعه 1 mm^2 قيمة المقاومة الأومية ρ ويعطي سلك طوله l ومساحة مقطعه 1 mm^2 قيمة المقاومة الأومية $\rho \cdot l$. كما يعطي سلك طوله l ومساحة مقطعه A قيمة المقاومة الأومية $\rho \cdot l \div A$

وبتبدل الصيغة الرياضية نحصل على: $\rho = \frac{R \cdot A}{l}$ ووحدتها هي: $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

الصيغ الرياضية للمقاومة باستخدام κ_{20}

κ_{20}	ρ_{20}	المادة
56	1/56	النحاس
35	1/35	الألومنيوم
8	1/8	الحديد
2	0.50	RW* 50

RW = Resistance Wire *

$$\kappa = \frac{1}{\rho_{20}}$$

$$\rho_{20} = \frac{1}{\kappa}$$

$$R = \frac{l}{\kappa \cdot A}$$

- (١) تعطى غالباً موصلية المادة κ_{20} (وتنطق كبا) بدلا من المقاومة النوعية ρ_{20} . وهي تعبر عن عدد الأمتار اللازمة من سلك مساحة مقطعه 1 mm^2 لتبلغ مقاومته 1 Ω .

- (٢) مثال: سلك طوله متر واحد ومساحة مقطعه 1 mm^2 ومقاومته $\rho = 1/56 \Omega$ (وتنطق رو Rho) وتبلغ مقاومة 50 m من نفس نوع السلك ونفس المقطع 1 Ω (كبا κ).

- (٣) كبا (κ) هي دائماً القيمة العكسية للثابت رو (ρ)، ومن القيمة العكسية هذه يمكن إيجاد وحدة القياس للموصلية κ وهي $\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$ أو $\frac{\text{Sm}}{\text{mm}^2}$.

- (٤) بوضع $\rho = \frac{1}{\kappa}$ في الصيغة الرياضية للمقاومة نحصل على:

مثال عددي: احسب R لسلك من النحاس طوله 84 m ومساحة مقطعه 1.5 mm^2 .

$$1 - \text{طريقة الحل باستخدام } \rho_{20}: \rho = \frac{1/56 \cdot 84}{1.5} \Omega = \frac{1.5}{1.5} \Omega = 1 \Omega$$

$$2 - \text{طريقة الحل باستخدام } \kappa_{20}: R = \frac{84}{\kappa_{20} \cdot A} = \frac{84}{56 \cdot 1.5} \Omega = \frac{84}{84} \Omega = 1 \Omega$$

اختيار المقطع

يجب أن تكون مقاطع الموصلات المحسوبة بواسطة الصيغتين الرياضيتين $A = \frac{\rho_{20} \cdot l}{R}$ أو $A = \frac{l}{\kappa_{20} \cdot R}$ كافية لقيم التيار المحسوبة عليه.

تختبر موصلات التيار العالي (القوي) بالاستعانة بمجداول التحميل (VDE 0100). فتصمم أسلاك المقاومات واللثائف تبعاً لكثافة التيار S (انظر يساراً) وهي تعطينا التيار المسموح بمروره بالأمبر خلال مقطع موصل مساحته 1 mm^2 .

مثال: سلك مساحة مقطعه 4 mm^2 يمر به تيار قدره 20 A.

أوجد كثافة التيار.

الحل:

$$S = \frac{I}{A} = \frac{20}{4} \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} = 5 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

كثافة التيار (S): $S = \frac{I}{A} \left(\frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \right)$	الملفات
من 2 إلى 6	بواقي الحركة
من 5 إلى 10	أسلاك التسخين
من 10 إلى 30	

A/mm²

تقريبات

المقاومات :

٢٣ - ١ موصلات من النحاس ذات مقاومة نوعية قدرها $Q_{20} = 1/56 (\Omega \text{ mm}^2/\text{m})$. فإذا كانت أبعادها كما هو بالجدول . احسب مقاومتها بالأوم .

المعدن	الطول	مساحة مقطع السلك
أ) Cu	24 m	1,5 mm ²
ب) Cu	20 m	2,5 mm ²
ج) Cu	14 m	4 mm ²
د) Cu	28 m	6 mm ²

٢٣ - ٢ احسب قيمة المقاومة للموصلات التالية بعد استخراج ثوابت المادة (Q_{20} أو $\%_{20}$) من الجدول في اللوحة (٢٣)

نوع الموصل	الطول	مساحة المقطع
أ) قضيب من النحاس	8 m	200 mm ²
ب) سلك مجدول من الألومنيوم	12 m	25 mm ²
ج) شريط من الحديد	20 m	120 mm ²
د) سلك مقاومة RW 50	75 m	0,5 mm ²

٢٣ - ٣ كبل توزيع نحاسي بمنزل مامساحة مقطعه 16 mm² وطوله 28 m . احسب مقاومته .

٢٣ - ٤ موصل تأريض طوله 45 m يتكون من شريط من الألومنيوم سمكه 3 mm وعرضه 25 mm احسب مقاومته .

٢٣ - ٥ حوّل من Q_{20} إلى $\%_{20}$ للمواد التالية المستخدمة لصناعة المقاومات .

المادة	Q_{20} ($\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)	$\%_{20}$ (Sm/mm ²)
أ) منجانبين	0,43 (RW 43)	?
ب) كونستانتان	0,50 (RW 50)	?
ج) نيكل كروم	1,10 (RW 110)	?
د) كربون (تقريباً)	50	?

مثال :

سلك لفيفة طوله 10 m وقطره 0,5 mm قيست مقاومته فوجدت 25 Ω . احسب المقاومة النوعية للسلك .

الحل :

$$l = 10 \text{ m}; d = 0,5 \text{ mm}; R = 25 \Omega; Q = ?$$

$$A = \pi/4 \cdot d^2 = 0,785 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \text{ mm}^2 = 0,196 \text{ mm}^2$$

$$Q = \frac{R \cdot A}{l} = \frac{25 \cdot 0,196 \text{ } \Omega \text{ mm}^2}{10 \text{ m}} = 0,49 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$$

٢٣ - ٦ لفيفة ملف مكونة من 1200 لفة من سلك مسطح من الألومنيوم تبلغ مقاومتها 1,5 Ω . احسب مساحة مقطع الموصل إذا كان الطول المتوسط للفة الواحدة 0,28 m .

٢٣ - ٧ سلك اختبار طوله 5 m وقطره 0,25 mm ومقاومته قدرها 112 Ω .

أ) اوجد مقاومته النوعية .

ب) ماهي المادة التي يمكن أن يصنع منها السلك ؟

٢٣ - ٨ كم مترا من سلك النيكل كروم RW 110 (قطر السلك 0,5 mm) تلزم لصنع لفيفة تسخين ذات مقاومة قدرها 55 Ω ؟

٢٣ - ٩ سلك تسخين مكّون من شريط من النيكل كروم (RW 110 ، عرض الشريط 0,8 mm ، طول الموصل 9 m) ذو مقاومة قدرها 125 Ω . اوجد سمك الشريط .

٢٣ - ١٠ كم مترا من سلك الكونستانتان RW 50 الذي قطره 0,25 mm تلزم لصنع مقاومة قدرها 1,5 Ω ؟

٢٣ - ١١ تحتوي لفيفة نحاسية ملف مغنطيسي مقاومته 5,5 Ω على 700 لفة (القطر المتوسط 7 cm) اوجد مساحة مقطع السلك المستخدم .

٢٣ - ١٢ إذا كانت أسلاك التوصيل للأجهزة الكهربائية ذات مقاومة صغيرة ، كم مترا من سلك نحاسي ذي موصل واحد للحالات التالية تعطي مقاومة قدرها 1 Ω ؟

المساحة المقطع	الطول
أ) كبل توصيل مرن	0,5 mm ²
ب) دائرة إنارة	1,5 mm ²
ج) سخّان مياه كهربائي	4 mm ²
د) خط توزيع	16 mm ²
هـ) كبل	70 mm ²

٢٣ - ١٣ يراد استبدال سلك نحاسي طوله 100 m ومساحة مقطعه 10 mm² بسلك من الألومنيوم طوله مساو لطول سلك النحاس وله نفس قيمة المقاومة .

أ) أوجد نسبة موصلية النحاس إلى موصلية الألومنيوم .
ب) مامقدار مساحة مقطع سلك الألومنيوم الذي يجب اختياره .

ج) قارن بين وزني السلكين الموصّلين . (كثافة النحاس 8,9 g/cm³ ، والألومنيوم 2,7 g/cm³) .

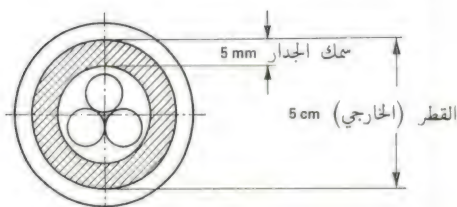
٢٣ - ١٤ ملف مرحّل (ريليه Relay) مطبوع على غلافه البيانات التالية :

I (16) 100 - 1200 - 0,20 Cu L

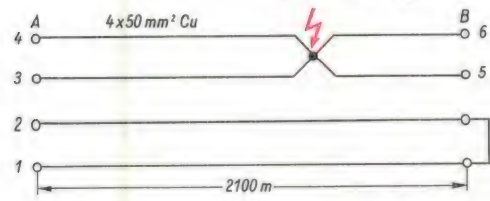
أي أن : اللفيفة رقم I (تتواءم التوصيل بالحام 6-1) ومقاومتها 100 Ω وعدد لفّاتها 1200 لفة وقطر السلك 0,20 mm ونوع السلك : سلك نحاسي مطلي بعازل .

احسب أ) مساحة مقطع السلك ب) طول السلك

٢٣ - ١٥ غلاف رصاصي لكبل أرضي أبعاده مبينة بالرسم . احسب مقاومة طول 1 km من الكبل (موصلية الرصاص $\%_{20} = 4,8 \text{ Sm/mm}^2$) .



٢٣ - ١٦ نشأت في كبل أرضي طوله 2100 m دائرة قصر بين سلكين عند موقع غير معلوم :



وكانت نتائج ثلاثة قياسات للمقاومات هي :

$$R_{12} = 1,50 \Omega; R_{34} = 1,25 \Omega; R_{56} = 0,25 \Omega$$

حدّد :

(أ) هل هو قصر دائرة تام ؟ أو يكون قد نشأ بالإضافة إلى مقاومة النحاس مقاومة تلامس ؟

(ب) على بعد كم مترا من A يجب البحث عن موقع الخطأ في الأرض ؟

٢٣ - ١٧ احسب مقاومة مكعب من النحاس طول ضلعه 1 cm

٢٣ - ١٨ غالبا ما تعطى المقاومة النوعية للمواد العازلة بوحدة $(\Omega \cdot \text{cm})$ (أي لمكعب طول ضلعه 1 cm أو بوحدة $(\Omega \cdot \text{cm}^2/\text{cm})$. ما مقدار مقاومة العزل للوح من المطاط الصلد أبعاده 100 cm · 50 cm · 0,5 cm ومقاومته النوعية $\rho = 1 \cdot 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$.

٢٣ - ١٩ تعطى غالبا المقاومة النوعية للتربة بوحدة $(\Omega \cdot \text{m})$ (أي لمكعب طول ضلعه 1 m بوحدة $\Omega \cdot \text{m}^2/\text{m}$.

اوجد القيم الناقصة بالجدول :

نوع الأرض	$\rho (\Omega \cdot \text{m})$	$\rho (\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$
(أ) مياه النهر	10	?
(ب) تربة زراعية	100	?
(ج) رمال جافة	1000	?

كثافة التيار

٢٣ - ٢٠ يوصل خط توزيع نحاسي مساحة مقطعه $A = 10 \text{ mm}^2$ تيارا قدره $I = 25 \text{ A}$. احسب كثافة التيار S بوحدة (A/mm^2) .

٢٣ - ٢١ احسب كثافة التيار لموصل تسخين (مساحة مقطعه $0,5 \text{ mm}^2$) عند تحميله بالتيارات الآتية :

التيار	أ	ب	ج	د	هـ
	0,2 A	0,5 A	1 A	5 A	15 A

٢٣ - ٢٢ احسب كثافة التيار في موصل نحاسي (قطره 0,3 mm) عند التحميل بالتيارات المذكورة بالجدول :

التيار	أ	ب	ج	د	هـ
	0,03 A	0,08 A	0,13 A	0,18 A	0,24 A

الحل للجزء (أ) :

$$d = 0,3 \text{ mm}; I = 0,03 \text{ A}; S = ? \text{ A}/\text{mm}^2$$

$$A = \pi/4 \cdot d^2 = 0,785 \cdot 0,3 \cdot 0,3 \text{ mm}^2 = 0,0707 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{I}{A} = \frac{0,03}{0,0707} \text{ A}/\text{mm}^2 = 0,425 \text{ A}/\text{mm}^2$$

٢٣ - ٢٣ ما مقدار كثافة التيار في قضيب من النحاس أبعاده $2000 \text{ mm} \times 60 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ إذا مر به تيار 300 mA ؟

٢٣ - ٢٤ ما قيمة التيار المسموح به لتحميل سلك ملف (مساحة مقطعه $0,6 \text{ mm}^2$) بحيث لا تتعدى كثافة التيار

$$\text{القيمة } S = 2,5 \text{ A}/\text{mm}^2$$

٢٣ - ٢٥ ما هي المساحة اللازمة لمقطع قضيب توصيل رئيسي، إذا تحمل بتيار 500 A عند كثافة تيار

$$S = 1,8 \text{ A}/\text{mm}^2$$

٢٣ - ٢٦ يسمح بتحميل الأسلاك المستديرة المقطع الآتية بكثافات تيار مختلفة طبقا لظروف تبريد الموصل الساخن . احسب التيارات المقابلة .

سلك مستدير المقطع	$1,5 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$	$2,2 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$	$3,5 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$
(أ) قطر 0,25 mm	?	?	?
(ب) مساحة المقطع 0,196 mm ²	?	?	?
(ج) مساحة المقطع 1,13 mm ²	?	?	?
(د) قطر 2,4 mm	?	?	?

ملاحظة :

للمسائل الخاصة بسخونة الموصلات أنظر اللوحة (٣٠) . تجمع كل مسألة في التمرينات التالية كلاً من :

الصيغة الرياضية للمقاومة وكثافة التيار وقانون أوم والصيغة الرياضية للقدرة (وحساب الوزن) .

مسائل متنوعة

٢٣ - ٢٧ احسب للفيعة مرحّل من سلك نحاسي (الموصلية $56 \text{ Sm}/\text{mm}^2$ وطول السلك 528 m وقطر السلك 0,2 mm) :

(١) مساحة مقطع السلك A بوحدة (mm^2) .

(٢) مقاومة الموصل R بوحدة (Ω) .

(٣) شدة التيار I عند التوصيل بجهد مستمر 12 V .

(٤) كثافة التيار S بوحدة (A/mm^2) .

(٥) القدرة المستهلكة P بواسطة المرحل بوحدة (W) .

٢٣ - ٢٨ تتوافر شرائط النيكل كروم ذات المقاومة النوعية $\rho = 1,05 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ بالأبعاد التالية :

عرض الشريط l_1	سمك الشريط l_2
(أ) 0,3 mm	0,03 mm
(ب) 0,6 mm	0,06 mm
(ج) 0,5 mm	0,12 mm
(د) 0,8 mm	0,10 mm
(هـ) 1,0 mm	0,12 mm
(و) 1,2 mm	0,15 mm
(ز) 1,5 mm	0,20 mm
(ح) 2,5 mm	0,25 mm

يلزم لف مقاومات تسخين بشريط من نيكل كروم لتحميلها بكثافة تيار $22 \text{ A}/\text{mm}^2$ عند جهد منبع قدره 220 V احسب :

١ - مساحة المقطع A بوحدة (mm^2) ،

٢ - شدة التيار I بوحدة (A) عند $22 \text{ A}/\text{mm}^2$.

٣ - القدرة المستهلكة (P) في المقاومة بوحدة (W) عند 220 V ،

٤ - مقاومة الموصل (R) بوحدة (Ω)

٥ - الطول (l) اللازم للموصل بوحدة (m) .

٢٣ - ٢٩ المطلوب عمل لفائف تسخين من سلك نيكل كروم
لجهود اسمية محدّدة طبقاً للقيم التشغيلية بالجدول :

d (mm)	$\rho (\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}})$	$S (\frac{\text{A}}{\text{mm}^2})$	U (V)	
0,2	1,04	25	110	(أ)
0,28	1,04	25	110	(ب)
0,32	1,04	25	110	(ج)
0,4	0,95	18	220	(د)
0,5	0,95	18	220	(هـ)
0,55	0,95	18	220	(و)
0,65	1,25	15	60	(ز)
0,7	1,25	15	60	(ح)
0,8	1,25	15	60	(ط)

احسب :

- ١ - مساحة مقطع الموصل $A (\text{mm}^2)$.
- ٢ - التيار $I (\text{A})$ في الموصل.
- ٣ - مقاومة الموصل $R (\Omega)$.
- ٤ - طول الموصل $l (\text{m})$.
- ٥ - القدرة المستهلكة $P (\text{W})$.

٢٣ - ٣٠ يراد عمل لفيفة تسخين للقيم الاسمية $U=220 \text{ V}$
و $P=3 \text{ kW}$ والموجود هو سلك نيكل كروم NiCr 8020 قطره
 $0,9 \text{ mm}$ ، ذو مقاومة نوعية $1,09 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$ احسب :

- (أ) التيار $I (\text{A})$ في الموصل.
- (ب) مقاومة الموصل $R (\Omega)$.
- (ج) مساحة مقطع الموصل $A (\text{mm}^2)$.
- (د) طول الموصل $l (\text{m})$.
- (هـ) كثافة التيار $S (\text{A/mm}^2)$.

٢٣ - ٣١ احترق موصل تسخين مصمّم لجهد إسمي $U=220 \text{ V}$
(RW 100) ، قطره $0,35 \text{ mm}$ وطوله $11,50 \text{ m}$ ويراد استبداله على
وجه السرعة مع عدم تغيير طوله . ويوجد بالمستودع سلك
RW 120 ذو قطر $0,4 \text{ mm}$.

احسب :

- ١ - للموصل القديم :
- (أ) مساحة المقطع A (ب) المقاومة R (ج) تيار الموصل I
- (د) القدرة P (هـ) كثافة التيار S .
- ٢ - للموصل الجديد :
- (و) مساحة المقطع A (ز) المقاومة R (ح) تيار الموصل I
- (ط) القدرة P (ي) كثافة التيار S .

٢٣ - ٣٢ الحد الأقصى لكثافة التيار في لفيفة ملف من سلك
نحاسي مستدير المقطع (القطر $d=0,5 \text{ mm}$ والموصلية
 $\rho=56 \text{ Sm/mm}^2$ والكثافة $\rho=8,9 \text{ g/cm}^3$) عند توصيلها بجهد
مستمر 110 V تبلغ $S=2,4 \text{ A/mm}^2$.

احسب :

- (أ) مساحة مقطع الموصل $A (\text{mm}^2)$
- (ب) التيار $I (\text{A})$ في الموصل
- (ج) مقاومة الموصل $R (\Omega)$
- (د) طول الموصل $l (\text{m})$
- (هـ) القدرة المستهلكة $P (\text{W})$
- (و) كتلة النحاس $m (\text{g})$

٢٢ - ٣٣ يحتوي ملف مغناطيسي يعمل عند جهد مستمر 110 V
على 9600 لفّة من سلك نحاسي معزول يبلغ قطره العاري
 $d=0,22 \text{ mm}$. فإذا كان القطر المتوسط للفة في لفيفة الملف هو
 $D_m=52 \text{ mm}$.

احسب :

- (أ) مساحة مقطع الموصل $A (\text{mm}^2)$
- (ب) طول الموصل $l (\text{m})$
- (ج) مقاومة الموصل $R (\Omega)$
- (د) التيار المسحوب $I (\text{A})$
- (هـ) كثافة التيار $S (\text{A/mm}^2)$
- (و) القدرة المستهلكة $P (\text{W})$.

٢٣ - ٣٤ صُممت لفيفة ملف من سلك نحاسي مستدير المقطع
(قطره $d=0,4 \text{ mm}$) لأجل جهد مستمر 220 V واستهلاك قدره
 77 W . ونتيجة لخلل في التشغيل هبط جهد المنبع فجأة بنسبة
 $44 \text{ V}=20\%$ أي أصبح $U_2=176 \text{ V}$.

احسب :

- (أ) مساحة مقطع الموصل $A (\text{mm}^2)$
- (ب) التيار الإسمي I_1 عند 220 V
- (ج) كثافة التيار S_1 عند التيار الإسمي
- (د) مقاومة الموصل $R (\Omega)$
- (هـ) التيار المسحوب I_2 عند 176 V
- (و) كثافة التيار S_2 عند 176 V
- (ز) القدرة المستهلكة P_2 عند 176 V
- (ح) النسبة بين الجهودين $(U_1:U_2=1:?)$ والنسبة بين شدتي
التيار $(I_1:I_2=1:?)$

(ي) النسبة بين القدرتين $(P_1:P_2=1:?)$

قارن بين النقص في القدرة والنقص في الجهد .

٢٣ - ٣٥ لَفْ ملف مستدير المقطع من سلك نحاسي (القطر
 $d=0,5 \text{ mm}$ ، الموصلية 56 Sm/mm^2 ، الكثافة $\rho=8,9 \text{ g/cm}^3$) وكان
قطر اللفيفة الداخلي $D_i=30 \text{ mm}$ وقطرها الخارجي $D_{ex}=50 \text{ mm}$ ،
وكتلتها $m=1970 \text{ g}$. ويسمح بتحويلها حتى كثافة تيار $2,5 \text{ A/mm}^2$

احسب :

- (أ) مساحة مقطع السلك $A (\text{mm}^2)$
- (ب) طول السلك $l (\text{m})$
- (ج) القطر المتوسط للملف $D_m (\text{m})$
- (د) عدد اللفات N
- (هـ) مقاومة الموصل $R (\Omega)$
- (و) التيار $I (\text{A})$ المسموح بمروره
- (ز) الجهد المستمر $U (\text{V})$ المسموح به

(ح) القدرة المستهلكة $P (\text{W})$

٢٣ - ٣٦ المطلوب استبدال اللفيفة المغناطيسية المحترقة لحرك يعمل
بالتيار المستمر (سلك نحاسي مستدير المقطع قطره $0,8 \text{ mm}$
والموصلية 56 Sm/mm^2 والكثافة $\rho=8,9 \text{ g/cm}^3$) . أما اللفيفة
الأخرى الماثلة فلم تتلف وتسحب عند جهد بطارية $U_1=12 \text{ V}$
تياراً قدره $I_1=0,18 \text{ A}$. احسب لعملية الإصلاح :

- (أ) مساحة المقطع A لسلك اللفيفة
- (ب) المقاومة R لموصل اللفيفة
- (ج) التيار I_2 عند $U_2=110 \text{ V}$ لكل لفيفة
- (د) كثافة التيار عند 110 V
- (هـ) طول السلك اللازم
- (و) وزن النحاس

وعلى القائم بالحساب أن يبحث بنفسه عن طريقة الحل التي تستخدم فيها غالبا عدة صيغ رياضية وتبديلاتها.

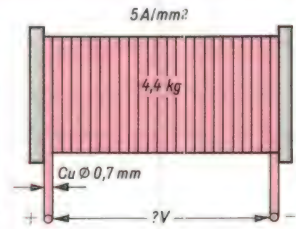
(٢) تبين الفقرة التالية مسألة شاملة كمثل يتبعها توضيح لخطوات الحساب. وتصلح الإرشادات المعطاة هنا لجميع المسائل التي قد لا تعرف طريقة حلها.

(١) قام كتاب الحساب حتى الآن بتسهيل حل مسائل حسابية شاملة إذ أعطانا دائما في نص المسألة تسلسل الحل لإيجاد المطالب. مثال ذلك، احسب:
(أ) ... (ب) ... (ج) ... الخ

(٢) في الممارسات المهنية العملية يبحث مباشرة عن النتيجة النهائية.

مثال محلول

يسمح بتحميل لفيفة ملف مغنطيسي من سلك نحاسي (قطره 0,7 mm) وزنها 4,4 kg بتيار 5 A لكل mm². احسب جهد التوصيل المستمر المسموح به. ملاحظة: يهمل كل من التأثير الحراري وطلاء السلك ووزن اللفيفة. عند التوصيل على الجهد المتردد تطبق قوانين أخرى.



المعطيات: $m=4400 \text{ g}$; $\rho_{Cu}=8,9 \text{ g/cm}^3$; $\kappa_{Cu}=56 \text{ Sm/mm}^2$

$d=0,7 \text{ mm}$ $S=5 \text{ A/mm}^2$ $U=? \text{ V}$

$$\begin{aligned}
 U &= I \cdot R \\
 I &= S \cdot A \\
 R &= \frac{l}{\kappa \cdot A} \\
 I &= \frac{m}{A \cdot \rho} \\
 A &= \frac{\pi}{4} \cdot d^2
 \end{aligned}
 \quad
 \begin{aligned}
 &= 1,925 \text{ A} \cdot 59,6 \Omega = 115 \text{ V} \\
 &= 5 \text{ A/mm}^2 \cdot 0,385 \text{ mm}^2 = 1,925 \text{ A} \\
 &= \frac{1285 \text{ m}}{56 \text{ Sm/mm}^2 \cdot 0,385 \text{ mm}^2} = 59,6 \Omega \\
 &= \frac{4400 \text{ g}}{0,385 \text{ mm}^2 \cdot 8,9 \text{ g/cm}^3} = 1284,1 \text{ m} \\
 &= 0,785 \cdot (0,7 \text{ mm})^2 = 0,385 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

خطوات الحل:

إرشادات خاصة بطريقة الحل:

(٢) لعمل التبديلات في الصيغ الرياضية تُسجل أولا على هامش الصفحة الصيغة الرياضية الأصلية. فإذا كتبت الصيغة الرياضية الأصلية وجميع الصيغ الرياضية المساعدة الضرورية بعد تبديلها تحت بعضها البعض، فإنه يمكن البدء في الحساب من أسفل بالتعويض عن البيانات المعطاة ثم تسلسل عملية التعويض نتيجة للحصول على بيانات جديدة بواسطة الحساب حتى نحصل على القيم المطلوبة.

(٤) لتكملة الحساب يعوض بالقيم المعطاة والقيم المساعدة المحسوبة في الصيغ الرياضية. وبحسب بالتقريب بالمسطرة الحاسبة. تراعى الوحدات أثناء التعويض وتعطى أهمية في جميع خطوات الحساب الفرعية وفي النتائج النهائية. تجرى الحسابات الفرعية (عند الحساب بدون مسطرة حاسبة) على اليمين في الهامش. يوضع خطان تحت النتيجة النهائية.

(١) تدون من نص المسألة كل قيم المعطيات على الشكل: الكمية = القيمة العددية مضروبة في وحدة القياس. ويتبع ذلك أيضا المعطيات المتعلقة بالخاصات. ويجب تحويل الكميات الصغيرة والكبيرة المختلفة بحيث يكون للكميات المتشابهة نفس الوحدات. وتوضع الكمية المطلوب إيجادها كهدف نهائي لخطوات الحل.

(٢) تبدأ خطوات الحل بالصيغة الرياضية للكمية المطلوب إيجادها. ويجب أن يحتوي طرفها الأيمن على الكميات المعلومة أو تلك الكميات التي يمكن حسابها بواسطة صيغ رياضية أخرى من الكميات المعطاة. ففي المثال يمكن حساب شدة التيار I من كثافة التيار والمقاومة R من المعطيات الخاصة بالخاصات وضمن الأبعاد.

ملاحظة: لكي يتم الإلمام بالمعادلات ذات الكميات الفيزيائية والتي تحتوي على رموز صيغ رياضية - خاصة المعادلات المعقدة التي بها كسور مزدوجة وأسس وجذور على سبيل المثال - فإنه من الأفضل أن توضع رموز الوحدات دائما في الحساب إلى جانب القيم العددية وذلك لكي يتطابق طرفا المعادلة ليس فقط في القيم العددية وإنما في الوحدات أيضا.

تمرينات

حدد في التمرينات التالية أولاً طريقة الحل ثم عوض بعد ذلك بالقيم العددية!

٢٤-١ استعمال سلك نحاس قطره 0,6 mm لللف ملف مغنطيسي، (مقاومة الموصل 100Ω). ما هو وزن النحاس؟

٢٤-٢ في مكواة تعمل على جهد 220 V وتحتوي على مسخن قدرته 600 W استخدم شريط نيكل كروم RW 110 ذو مساحة مقطع $0,12 \text{ mm}^2$ كمادة مقاومة لتلف حول لوح من الميكا. كم لفة يجب تكوينها إذا بلغ الطول المتوسط للفة الواحدة 11 cm؟

٢٤-٣ يبلغ وزن الليفة في ملف مزدوج مصنوع من سلك مسطح من الألومنيوم 2,2 kg ومساحة مقطعه 9 mm^2 . احسب المقاومة الأومية لليفة الملف.

٢٤-٤ احسب وزن النحاس في ملف مغنطيسي يأخذ تيارا قدره $2,5 \text{ A/mm}^2$ بقدرة 80 W عند التوصيل على جهد مقداره 220 V

٢٤-٥ ما مقدار المقاومة المتوقعة بالأوم لسلك نحاسي وزنه 100 g (قطره 0,1 mm)؟

٢٤-٦ عند سريان تيار 0,8 A كان فرق الجهد على مقاومة توال هو 110 V. فإذا حملت ليفة المقاومة المصنوعة من RW 50 بكثافة تيار 6 A/mm^2 احسب:

(أ) طول الموصل (ب) قطر الموصل المستخدم في سلك المقاومة.

٢٤-٧ عينت لمقاومة متغيرة مدون عليها $R=100 \Omega$, $I=3,4 \text{ A}$ القيم التالية: قطر السلك 0,7 mm وعرض اللف (ذو طبقة واحدة) 350 mm والقطر المتوسط للفة 50 mm. ما هي المادة التي استخدمت للف المقاومة؟

٢٤-٨ ليفة تسخين من سلك مقاومة طوله 5,8 mm (قطر السلك 0,45 mm، $\rho=0,95 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$) مصممة لجهد 110 V وصلت بطريق الخطأ على 220 V. احسب لكل الجهدين:

(أ) قيمتي التيار (ب) كثافتي التيار (ج) القدرة المستهلكة في كل حالة وقارن بين القيم.

٢٤-٩ تستهلك ليفة تسخين من سلك نيكل كروم ذي $\rho=1,04 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ قدرة مقدارها 800 W عند توصيلها على 24 V (كثافة التيار $S=18 \text{ A/mm}^2$) احسب:

(أ) طول الموصل (ب) قطر الموصل.

٢٤-١٠ ما هو الطول اللازم بالمتر من سلك RW 110 لصنع ليفة تسخين لجهد توصيل 220 V ولكثافة تيار 25 A/mm^2 ؟ ملاحظة: يمكن أن تحل هذه المسألة فقط إذا استنبطت صيغة رياضية جديدة من الصيغ المعلومة حتى الآن والتي يمكن منها إيجاد قيمة الطول.

٢٤-١١ يستهلك موصل تسخين مصنوع من RW 120 وقطره 0,35 mm قدرة 450 W عند توصيله على 220 V. احسب طول الموصل.

٢٤-١٢ يمر في ليفة من سلك نحاسي معزول ($d=0,35 \text{ mm}$) تيار قدره 0,2 A عند توصيلها بجهد مستمر 220 V. احسب وزن سلك الليفة.

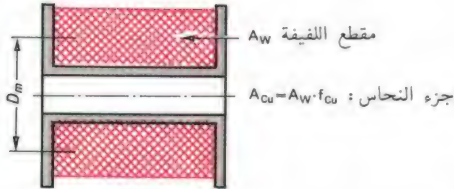
٢٤-١٣ تزن حزمة من السلك النحاسي العاري 14,3 kg، وقيس قطر السلك بواسطة الميكرومتر فوجد أنه $d=2,77 \text{ mm}$. احسب طول السلك؟

٢٤-١٤ كم مترا يلزم مدها من خط نحاسي مزدوج ذي سلكين ($2 \times 1,5 \text{ mm}^2$)، إذا أريد ألا يستهلك الخط جهداً أكثر من 3,3 V عند تأمينه بمصدر 16 A؟

٢٤-١٥ إذا طلب توصيل محرك تيار مستمر 4 kW/220 V بأقرب شبكة توزيع بواسطة سلك طوله 26 m ($2,4 \text{ mm}^2$ نحاس). احسب الجهد الذي يستهلكه السلك عند تشغيل المحرك بالحل الإسمي إذا كانت الكفاءة $\eta=0,85$.

٢٤-١٦ يراد لف ملف مغنطيسي (المقاومة للتيار المستمر 40Ω و 3000 لفة) من سلك نحاسي مستدير المقطع ($d=0,4 \text{ mm}$) وعامل الحيز للنحاس $f_{cu}=0,72$.

احسب: (أ) مساحة مقطع الليفة. (ب) القطر المتوسط لليفة الملف.



٢٤-١٧ يراد لف ملف مغنطيسي من سلك نحاسي (قطر السلك 0,5 mm ومعامل الحيز للنحاس 0,7) على جسم لف اسطواناني الشكل. أبعاد الليفة: العرض 10 cm والقطر الداخلي 5 cm والقطر الخارجي 8 cm. احسب: (أ) مقاومة الموصل (ب) عدد لفات الملف المصنع.

٢٤-١٨ احسب قطر وطول سلك التسخين RW 110 لعمل ليفة تسخين 2,5 kW/220 V إذا كانت كثافة التيار المتوقعة 20 A/mm^2 .

٢٤-١٩ لفت مقاومة متغيرة $40 \Omega/1 \text{ kW}$ من سلك كونستانتان RW 50 قطره 0,8 mm والقطر المتوسط للفة 60 mm. ما مقدار جهد اللفة (استهلاك الجهد في لفة واحدة للملف) عند أعلى جهد توصيل مسموح به؟

٢٤-٢٠ ما هي القدرة التي تستهلكها مقاومة تسخين 100 W إذا وصلت على 70% من جهدها الإسمي؟

التغير في درجة الحرارة $\Delta\theta$

الرمز Δ (ينطق : دلتا) المكتوب قبل كمية مقاسة يعني «الفرق» أو «التغير» .

$\Delta\theta$ = التغير في درجة الحرارة و Δl = التغير في الطول و ΔR = التغير في المقاومة .

في حالة الفرق في درجات الحرارة يكون $1K = 1^\circ C$.
أمثلة للتغير في درجة الحرارة :

$$\theta_1 = 25^\circ C; \theta_2 = 100^\circ C$$

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 100^\circ C - 25^\circ C = +75^\circ C$$

$$\theta_1 = 100^\circ C; \theta_2 = 25^\circ C$$

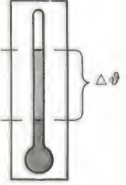
$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 25^\circ C - 100^\circ C = -75^\circ C$$

(١) عند التسخين

(٢) عند التبريد

تقاس درجة الحرارة بالكلفن (K ، وحدة SI) أو بالدرجات المئوية ($^\circ C$). يساعد الرمز θ (ينطق : ثيتا) المستخدم في الصيغ الرياضية لدرجة الحرارة على تجنب الخلط مع رمز الزمان t .

وعند التسخين يفرق بين :

 θ_1 = درجة الحرارة الابتدائية θ_2 = درجة الحرارة النهائية $\Delta\theta$ = التغير في درجة الحرارة

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$$

التغير في المقاومة ΔR

مثال (١) : مقاومة ساخنة

$$R_{20} = 100\Omega; \alpha_{20} = 0,004 \text{ } 1/^\circ C; R_{70} = ? \Omega$$

الحل :

$$\Delta\theta = 70^\circ C - 20^\circ C = 50^\circ C$$

$$\Delta R = R_{20} \cdot \Delta\theta \cdot \alpha_{20} = 100 \cdot 50 \cdot 0,004 \Omega = 20 \Omega$$

$$R_{70} = R_{20} + \Delta R = 100 \Omega + 20 \Omega = 120 \Omega$$

مثال (٢) : درجة حرارة التشغيل θ

$$R_{20} = 100 \Omega; \alpha_{20} = 0,004 \text{ } 1/^\circ C; \Delta R = +20 \Omega; \theta = ?$$

الحل :

$$\Delta\theta = \frac{\Delta R}{R_{20} \cdot \alpha_{20}} = \frac{20 \Omega}{100 \Omega \cdot 0,004 \text{ } 1/^\circ C} = 50^\circ C$$

$$\theta = 20^\circ C + 50^\circ C = 70^\circ C$$

مثال (٣) : اوجد R_{70} إذا كانت :

$$R_{45} = 110\Omega; \alpha_{20} = 0,004 \text{ } 1/^\circ C;$$

الحل :

$$R_{20} = \frac{R_{45}}{1 + \Delta\theta_{45} \cdot \alpha_{20}} = \frac{110 \Omega}{1 + 25 \cdot 0,004} = 100 \Omega$$

$$R_{70} = \frac{120 \Omega}{1 + \Delta\theta_{70} \cdot \alpha_{20}} \quad (\text{الحساب كما في مثال ١})$$

يمكن أن تسخن الموصلات الكهربائية فتتغير مقاومتها تبعاً لذلك . وتعني R_{20} المقاومة عند درجة حرارة الغرفة $20^\circ C$. يعطي المعامل الحراري α_{20} (ينطق : ألفا 20) لمادة الموصل كم أوما تزيدها المقاومة $R_{20} = 1\Omega$ إذا سخنت بمقدار $1K = 1^\circ C$.

وحدة α هي :

$$\frac{\Omega}{\Omega \cdot K} = 1/K = 1/^\circ C$$

(زيادة المقاومة لكل أوم ولكل كلفن)

 ΔR = المقاومة \times التغير في درجة الحرارة $\times \alpha_{20}$:

$$\Delta R = R_{20} \cdot \Delta\theta \cdot \alpha_{20}$$

المقاومة الساخنة = المقاومة عند درجة حرارة $20^\circ C$ + التغير في المقاومة :

$$R_h = R_{20} + \Delta R$$

إذا أريد التبدل للحصول على R_{20} ، فإنه يجب ربط الصيغتين الرياضيتين وأخذ R_{20} خارج الأقواس :

$$R_h = R_{20} + R_{20} \cdot \Delta\theta \cdot \alpha_{20}$$

$$R_h = R_{20} \cdot (1 + \Delta\theta \cdot \alpha_{20})$$

الموصل البارد والموصل الساخن

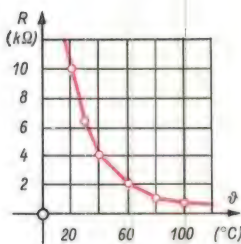
بالتسخين ترتفع قيمة R في معظم المعادن الموصلة : α و ΔR موجبان .
بالتسخين تنخفض قيمة R في معظم أشباه الموصلات : α و ΔR سالبان .

يتغير المعامل الحراري α مع المقاومة الاسنادية وغالباً أيضاً مع مدى التغير في درجات الحرارة . يمكن حساب α_h للنحاس لمقاومة ساخنة R_h اختيارية :

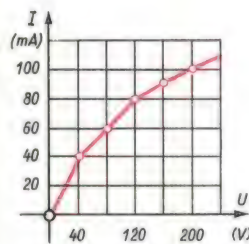
$$\alpha_{Cu} = \frac{1}{235^\circ C + \theta} \approx 0,004 \text{ } 1/^\circ C$$

ويساوي ذلك زيادة قدرها حوالي 0,4% في المقاومة لكل درجة مئوية .

ترتفع قيمة ΔR لموصلات خاصة ساخنة أو باردة بمقدار 30% لكل درجة مئوية . ويجب التمييز بين التسخين الذاتي عن طريق التحميل بالتيار والتسخين بمصدر خارجي عند مرور تيار صغير للقياس .



المنحنى الخصائصي بين R و θ لسلك تسخين (حساس الحرارة)



المنحنى الخصائصي بين I و U لمصباح متوهج 25 W (الحرارة الذاتية)

تمرينات

٢٥ - ١ قيس درجة الحرارة في الصحراء فكانت $+40^{\circ}\text{C}$ في الظل أثناء النهار و $+15^{\circ}\text{C}$ أثناء الليل . ما مقدار التغير في درجة الحرارة $\Delta\theta$ ؟

٢٥ - ٢ احسب القيم الناقصة لدرجات الحرارة المعطاة بعد بيان إشاراتها .

درجة الحرارة	درجة الحرارة	التغير في درجة الحرارة $\Delta\theta$
الإبتدائية θ_1	النهائية θ_2	
أ ($+ 20^{\circ}\text{C}$	$+ 100^{\circ}\text{C}$?
ب ($+ 100^{\circ}\text{C}$	$+ 20^{\circ}\text{C}$?
ج ($+ 12^{\circ}\text{C}$?	$+ 75^{\circ}\text{C}$
د ($+ 40^{\circ}\text{C}$?	$- 50^{\circ}\text{C}$
هـ ($+ 40^{\circ}\text{C}$	$- 50^{\circ}\text{C}$?
و ($- 20^{\circ}\text{C}$	$- 5^{\circ}\text{C}$?

٢٥ - ٣ يمكن أن تزداد مقاومة الموصلات عند التسخين (موصل بارد) أو تنخفض (موصل ساخن) . احسب القيم الناقصة لمعطيات المقاومة التالية :

المقاومة الباردة R_c	المقاومة الساخنة R_h	التغير في المقاومة ΔR
أ ($100\ \Omega$	$104\ \Omega$?
ب ($100\ \Omega$	$96\ \Omega$?
ج ($50\ \Omega$?	$+ 20\ \Omega$
د ($50\ \Omega$?	$- 20\ \Omega$
هـ (?	$36\ \Omega$	$- 66\ \Omega$
و ($48,3\ \Omega$?	$+12,2\ \Omega$

٢٥ - ٤ تبلغ مقاومة لفيفة نحاسية $100\ \Omega$ عند $+ 20^{\circ}\text{C}$. احسب الزيادة في المقاومة إذا كان المعامل الحراري $0,004$ لكل درجة مئوية وإذا ارتفعت درجة حرارة اللفيفة إلى القيم التالية :

أ	ب	ج	د	هـ	و
$+ 30^{\circ}\text{C}$	$+ 40^{\circ}\text{C}$	$+ 50^{\circ}\text{C}$	$+ 60^{\circ}\text{C}$	$+ 80^{\circ}\text{C}$	$+ 100^{\circ}\text{C}$

حل الجزء (١) :

$$R_{20} = 100\ \Omega; \alpha_{20} = + 0,004\ 1/^{\circ}\text{C}; \Delta R = ?\ \Omega$$

$$\Delta\theta = 30^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} = +10^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta R = R_{20} \cdot \Delta\theta \cdot \alpha_{20} = 100 \cdot 10 \cdot 0,004\ \Omega = +4\ \Omega$$

٢٥ - ٥ احسب المقاومة الساخنة للفائف النحاسية التالية بالمعامل الحراري $\alpha_{20} = + 0,004\ 1/^{\circ}\text{C}$.

أ	ب	ج
R_{20}	$12,5\ \Omega$	$42\ \Omega$
θ_h	$+ 70^{\circ}\text{C}$	$+ 58^{\circ}\text{C}$
R_h	?	?

٢٥ - ٦ ارتفعت المقاومة R ملف نحاسي بعد فترة تشغيل طويلة من $162\ \Omega$ (عند $+ 20^{\circ}\text{C}$) إلى $199\ \Omega$ ($\alpha_{20} = + 0,004\ 1/^{\circ}\text{C}$) .

احسب : أ (الزيادة في المقاومة ΔR

ب (الزيادة في درجة الحرارة $\Delta\theta$

ج (درجة الحرارة θ_h

٢٥ - ٧ تبلغ مقاومة لفيفة من الحديد $10\ \Omega$ عند $+ 20^{\circ}\text{C}$. ما هي درجة الحرارة التي يجب أن تصل إليها لفيفة الحديد لكي تضاعف مقاومتها ؟ استخدم للحديد $\alpha_{20} = + 0,005\ 1/^{\circ}\text{C}$ ، واحسب بالترتيب التالي :

أ (R_h ب (ΔR ج ($\Delta\theta$ د (θ_h

٢٥ - ٨ تسحب لفيفة نحاسية موصلة على جهد مستمر $220\ \text{V}$ تيارا $2,75\ \text{A}$ عند بدء التشغيل (درجة حرارة الموصل $+ 20^{\circ}\text{C}$) . ويزيادة زمن التشغيل ينخفض التيار إلى $I = 2,34\ \text{A}$. احسب درجة حرارة اللفيفة الساخنة .

٢٥ - ٩ ترتفع درجة حرارة لفيفة من الألومنيوم ($\alpha_{20} = + 0,004\ 1/^{\circ}\text{C}$) إلى $+ 75^{\circ}\text{C}$ أثناء التشغيل . ما قيمة مقاومتها الساخنة إذا ما قيس عند $+ 20^{\circ}\text{C}$ فكانت $R_{20} = 400\ \text{m}\Omega$ ؟

٢٥ - ١٠ أ (احسب مقاومة خط توصيل نحاسي طوله $l = 2352\ \text{m}$ (سلك مفرد) وقطره $d = 3\ \text{mm}$ وموصليته $\kappa_{20} = 56\ \text{Sm/mm}^2$

ب (ما قيمة مقاومته عند $+ 55^{\circ}\text{C}$ ؟

٢٥ - ١١ المطلوب تعيين المعامل الحراري الدقيق α للنحاس عند درجات الحرارة التالية :

أ	ب	ج	د	هـ	و
$- 10^{\circ}\text{C}$	$+ 100^{\circ}\text{C}$	$+ 50^{\circ}\text{C}$	$+ 20^{\circ}\text{C}$	$+ 10^{\circ}\text{C}$	0°C

حل الجزء (د) :

$$\alpha_{20} = \frac{1}{235^{\circ}\text{C} + \theta_{20}} = \frac{1}{235 + 20} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} = 0,00392\ 1/^{\circ}\text{C}$$

٢٥ - ١٢ بلغت مقاومة لفيفة نحاسية $96\ \Omega$ عند $+ 5^{\circ}\text{C}$ وارتفعت بعد التحميل لمدة ساعتين إلى $R_h = 120\ \Omega$. احسب درجة حرارة اللفيفة الساخنة .

إرشاد للحل : أوجد بالترتيب :

أ (α_5 ب (ΔR ج ($\Delta\theta$ د (θ_h

٢٥ - ١٣ سحبت لفيفة من الألومنيوم عند التوصيل على جهد مستمر $60\ \text{V}$ وعند $+ 12^{\circ}\text{C}$ تيارا قدره $I = 2,5\ \text{A}$. احسب التيار I_h عند $+ 87^{\circ}\text{C}$ بواسطة المعامل الحراري الدقيق للألومنيوم : $\alpha_{Al} = \frac{1}{245^{\circ}\text{C} + \theta}$

٢٥ - ١٤ احسب المقاومة R_{20} للفيقة نحاسية مصممة لتسحب $500\ \text{mA}$ عند $+ 70^{\circ}\text{C}$ عند توصيلها على جهد مستمر قدره $24\ \text{V}$.

لحل طريقتان :

$$(١) \text{ قارن بالمسألة (٢٥ - ١١) } R_{20} = R_h - R_h \cdot \Delta\theta \cdot \alpha_h$$

$$(٢) R_{20} = \frac{R_h}{1 + \Delta\theta \cdot \alpha_{20}}$$

٢٥ - ١٥ عين R_h لمصباح متوهج $25\ \text{W}$ (انظر المنحنى الخصائصي باللوحة ٢٥ لجهود التشغيل) عند :

أ ($40\ \text{V}$ ب ($80\ \text{V}$ ج ($120\ \text{V}$ د ($160\ \text{V}$ هـ ($200\ \text{V}$.

٢٥ - ١٦ يراد مراقبة درجة حرارة موصل ساخن (انظر المنحنى الخصائصي باللوحة ٢٥ وتضاف إليه مقاومة تشغيل مقدارها $2\ \text{k}\Omega$ وجهد التوصيل $24\ \text{V}$) . عين تيار إشارة المراقبة لدرجات الحرارة التالية :

أ (20°C ب (40°C ج (60°C

قواعد التوصيل على التوالي

غالبا ما تشغل عدة أجهزة كهربائية مصممة لنفس التيار الإسمي (أي مقاومات) في دائرة تيار واحدة. في هذه الحالة توجد أنواع مختلفة من توصيلات الدوائر. والصفة المميزة للتوصيل على التوالي هي: أن نفس كمية التيار تمر في جميع المقاومات على التوالي.

يكون التيار I متساويا دائما

بجمع الجهود الجزئية U_1 (على R_1) ، U_2 (على R_2) ... إلخ. نحصل على الجهد الكلي U_t .
إذا قسم طرفا المعادلة على I فإننا نحصل على الصيغة الرياضية للمقاومة الكلية R_t .
وإذا ضرب طرفا المعادلة في I فإننا نحصل على الصيغة الرياضية للقدرة الكلية P_t .
لنفس التيار I تكون المقاومات والجهود والقدرات متناسبة طرديا.

$$R_t = R_1 + R_2 = 12 \Omega$$

$$U_1 = I \cdot R_1 = 20 \text{ V}$$

$$U_2 = I \cdot R_2 = 40 \text{ V}$$

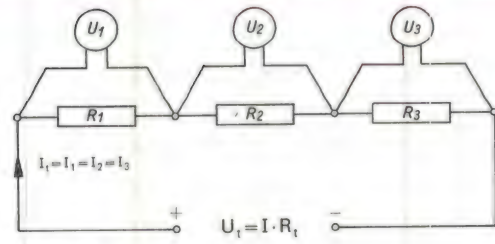
$$U_t = U_1 + U_2 = 60 \text{ V}$$

$$I = U_t \div R_t = 5 \text{ A}$$

$$P_1 = I \cdot U_1 = 100 \text{ W}$$

$$P_2 = I \cdot U_2 = 200 \text{ W}$$

$$P_t = P_1 + P_2 = 300 \text{ W}$$



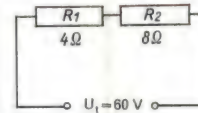
من التجربة تبين لنا القياسات أن:

$U_t = U_1 + U_2 + U_3 \dots$
$R_t = R_1 + R_2 + R_3 \dots$
$P_t = P_1 + P_2 + P_3 \dots$
$\frac{R_1}{R_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{P_1}{P_2}$

$$\frac{U_t}{I} = \frac{U_1}{I} + \frac{U_2}{I} + \frac{U_3}{I}$$

$$U_t \cdot I = U_1 \cdot I + U_2 \cdot I + U_3 \cdot I$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{I \cdot R_1}{I \cdot R_2} = \frac{I^2 \cdot R_1}{I^2 \cdot R_2}$$



مثال:

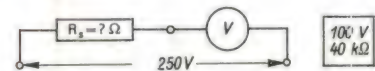
احسب جميع قيم R و U و P للدائرة:

استخدامات التوصيل على التوالي

(١) مقاومة توال لحماية الأجهزة



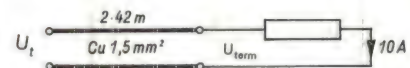
(٢) قياس الجهود العالية



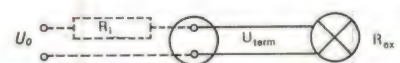
(٣) الخطأ عند قياس التيار



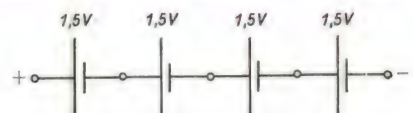
(٤) فقد الجهد في خطوط التوصيل (منايع الجهد)



(٥) فقد الجهد في منايع الجهد



توصيل مصادر الجهد على التوالي



مصباح جيب يعمل ببطارية مكونة من أربع خلايا ($n=4$) والمقاومة الداخلية لكل خلية 0.5Ω على سبيل المثال

تصلح قواعد التوصيل على التوالي لمنايع الجهد أيضا. انظر المثال على اليمين.

تحميل البطارية بتيار 0.5 A :

المقاومة الداخلية: $R_i = n \cdot 0.5 \Omega = 2 \Omega$

جهد الدائرة المفتوحة (حالة الإلحم): $U_0 = n \cdot 1.5 \text{ V} = 6 \text{ V}$

جهد الأطراف عند التحميل: $U_{\text{term}} = U_0 - I \cdot R_i = 6 \text{ V} - 0.5 \cdot 2 \text{ V} = 5 \text{ V}$

$$R_s = \frac{\Delta U}{I_N}$$

$$\Delta U = 220 \text{ V} - 100 \text{ V} = 120 \text{ V}$$

$$I_N = 50 \text{ W} \div 100 \text{ V} = 0.5 \text{ A}$$

$$R_s = 120 \text{ V} \div 0.5 \text{ A} = 240 \Omega$$

$$R_s = \frac{\Delta U}{I_m}$$

$$\Delta U = 250 \text{ V} - 100 \text{ V} = 150 \text{ V}$$

$$I_m = 100 \text{ V} \div 40\,000 \Omega = 0.0025 \text{ A}$$

$$R_s = 150 \text{ V} \div 2.5 \text{ mA} = 60 \text{ k}\Omega$$

خطأ القياس

$$= R_m \div R_t$$

$$I = 2 \text{ V} \div 4 \Omega = 0.5 \text{ A} \text{ بدون}$$

$$I = 2 \text{ V} \div 5 \Omega = 0.4 \text{ A} \text{ مع}$$

$$1 \Omega \div 5 \Omega = 1/5 = 20\% \text{ خطأ القياس}$$

$$\Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot I}{x \cdot A}$$

$$U_t - U_{\text{term}} = 2 \cdot U_c = 2 \cdot I \cdot R_c$$

$$\Delta U = \frac{2 \cdot 10 \cdot 42}{56 \cdot 1.5} \text{ V} = 10 \text{ V}$$

$$\Delta U = I \cdot R_i$$

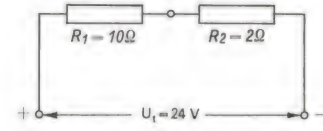
U_0 = جهد الدائرة المفتوحة (بدون تيار)

مع وجود تيار: $U_{\text{term}} = U_0 - (I \cdot R_i)$

المقاومة الداخلية: $R_i = (U_0 - U_{\text{term}}) \div I$

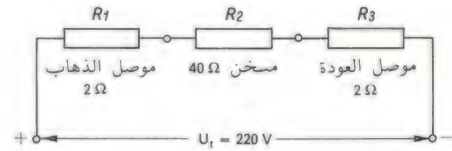
تمرينات

٢٦- ١ دَوِّن كل القيم المقاسة للدائرة في جدول واحد (انظر أسفله) ، ودَوِّن القيم كما في طريقة الكليات المتقاطعة: ينطبق قانون أوم أفقياً على كل سطر وتطبق قوانين التوصيل على التوالي رأسياً.



التوصيل على التوالي	I (A)	U (V)	R (Ω)
المقاومة R ₁	?	?	10
المقاومة R ₂	?	?	2
القيم الكلية	?	24	?

٢٦- ٢ وصل جهاز تسخين بواسطة خطي تغذية ذهاباً وعودة على 220 V. دَوِّن جميع القيم المقاسة في جدول. دقق القيم أفقياً ورأسياً.

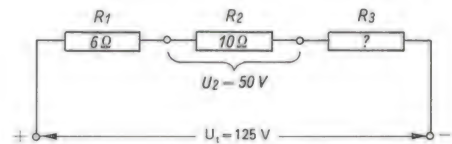


التوصيل على التوالي	I (A)	U (V)	R (Ω)
(١) موصل الذهاب	?	?	2
(٢) المسخن	?	?	40
(٣) موصل العودة	?	?	2
القيم الكلية	?	220	?

٢٦- ٣ تحسب جميع القيم R و U و I في الذاكرة لكل من دوائر التوالي التالية، ثم تدون في جدول وتدقق طبقاً لطريقة الكليات المتقاطعة.

	أ	ب	ج	د	هـ
U ₁	100 V	60 V	12 V	24 V	200 V
R ₁	15 Ω	7 Ω	4 Ω	4 Ω	30 Ω
R ₂	25 Ω	3 Ω	13 Ω	3 Ω	50 Ω
R ₃	10 Ω	5 Ω	7 Ω	1 Ω	20 Ω

٢٦- ٤ أكمل في جدول كما هو مبين أعلاه جميع القيم R و U و I للدائرة التالية:



٢٦- ٥ إذا وصلت المقاومة R₁=35Ω على التوالي مع المقاومة R₂=15Ω بجهد U₁=220V. ما قيمة التيار I المار خلال R₁ و R₂؟

٢٦- ٦ إذا مر تيار I=0,4A في دائرة توال مكونة من R₁=40Ω، R₂=20Ω، احسب هبوطي الجهد U₁ و U₂ على المقاومتين R₁ و R₂.

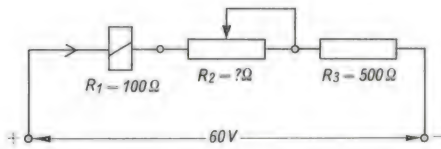
٢٦- ٧ وصلت المقاومتان R₁ و R₂ على التوالي فإذا مر 2,5A خلال دائرة التوصيل ينشأ هبوط جهد U₁=75V على المقاومة R₁ وهبوط جهد U₂=135V على المقاومة R₂. احسب: (أ) R₁ (ب) R₂ (ج) R₁ (د) U₁.

٢٦- ٨ مقاومتان متصلتان على التوالي، الأولى R₁ وعليها هبوط جهد U₁=36V والثانية R₂ وعليها هبوط جهد U₂=24V ومقاومتهما الكلية تبلغ 3000Ω. ما مقدار R₁ و R₂.

٢٦- ٩ المطلوب تشغيل المقاومة R₂ بواسطة 30V/3A في دائرة التوصيل على التوالي المكونة من R₁ و R₂. (أ) ماقيمة المقاومة R₂؟

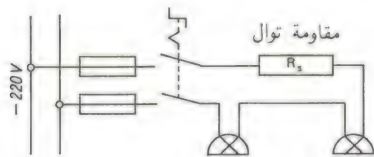
(ب) ماهي القيمة الأومية للمقاومة R₁ الواجب إدخالها في الدائرة، إذا كان جهد المنبع الموجود: (١) 60V (٢) 80V (٣) 110V

٢٦- ١٠ ما هي القيمة الواجب ضبط R₂ عليها لكي يستجيب المرحل (عند 50 mA)؟



٢٦- ١١ مصباح إضاءة تدريج ميزان ضوئي مدون عليه 12V/0,4A، كم أوما يجب توصيلها على التوالي عند التوصيل على 110V؟

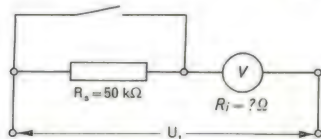
٢٦- ١٢ وصل كل من المصباحين القوسيين لآلة طباعة عبر مقاومة توال 10,8Ω على شبكة تيار مستمر 220V. ما مقدار الجهد الذي يحصل عليه كل مصباح، إذا مر تيار قدره 12A؟



٢٦- ١٣ يراد توصيل كاثية لحام 24V/2,4A مع مقاومة توال على شبكة بطارية 60V احسب: (أ) قيمة مقاومة التوالي (ب) مساحة مقطع موصل المقاومة لكثافة تيار 8 A/mm² في مقاومة التوالي (ج) طول السلك المناظر (ρ=0,95 Ωmm²/m).

٢٦- ١٤ بأية مقاومة توال يمكن التوصيل إلى استخدام فولطمتر تدريجه 100V (مقاومة جهاز القياس 40 kΩ) لقياسات الجهد حتى 400V؟

٢٦- ١٥ ما قيمة المقاومة الداخلية للفولطمتر، إذا أعطى 225V عند وصل المفتاح و 125V عند فصله؟



مقاومات الفقد

مقاومات الفقد الموصلة على التوالي مع الحمل هي :

(أ) مقاومة خطي التغذية (الذهاب والعودة)

(ب) المقاومة الداخلية لمنع الجهد

(ج) مقاومات التلامس عند مواضع الاتصال

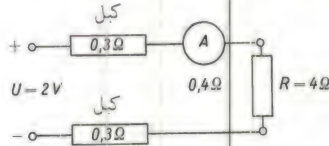
(د) المقاومات الداخلية للأبهرمتر .

وهي تسبب فقدا للجهد والقدرة ويجب أخذها في الاعتبار عند

حساب التيار إذا ما تعدت قيمة مقاومتها 1% من قيمة

المقاومة الكلية في دائرة التيار .

٢١ - ٢٦ يراد إيضاح قانون أوم عمليا بواسطة دائرة الاختبار التالية :



(أ) ما مقدار التيار $I = 2V / 4\Omega$ طبقا لقانون أوم .

(ب) ما شدة التيار التي يبينها الأمبرمتر ؟

(ج) على أي جهد تتصل المقاومة R ؟

(د) كم مترا من سلك نحاس مقطعه 0.25 mm^2 تعطي مقاومة قدرها 0.3Ω .

٢٦ - ٢٢ في دائرة التيار لمصباح يدوي توجد بطارية 3V

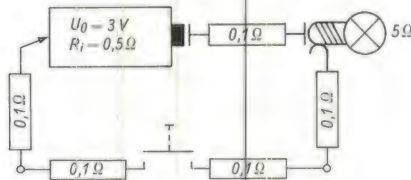
(المقاومة الداخلية 0.5Ω) ومصباح مقاومته 5Ω وخمسة مواضع

للاتصال مقاومة كل منها 0.1Ω ، ويستخدم الغلاف المعدني

كموصل جيد التوصيل . احسب :

(أ) المقاومة في دائرة التيار المغلقة (ب) التيار المسحوب

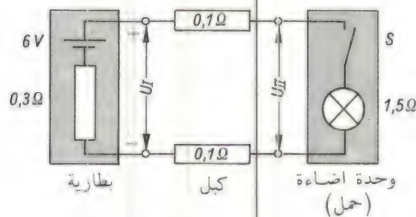
بالمصباح (ج) جهد التشغيل للمصباح .



٢٦ - ٢٣ إذا وُصِلت وحدة إضاءة 1.5Ω كحمل على بطارية

$6V$ مقاومتها الداخلية 0.3Ω عن طريق كبلين لكل منهما مقاومة

0.1Ω . احسب :



(أ) مقاومة دائرة التيار المغلقة

(ب) شدة التيار الثابتة في كل مواضع الدائرة

(ج) فقد الجهد في البطارية

(د) جهد الأطراف U_I للبطارية

(هـ) فقد الجهد في كلا الكبلين

(و) جهد الأطراف U_{II} على الحمل

(ز) U_I ، U_{II} عند المفتاح S .

٢٦ - ٢٤ ما مقدار المقاومة الداخلية لمقبس عند جهد أطراف

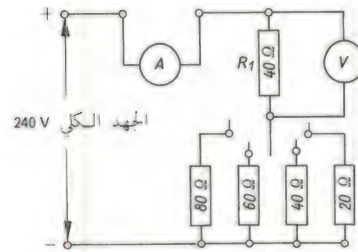
قدره $228V$ والدائرة مفتوحة ، وعند جهد قدره $225V$ مع

تحميل قدره $15A$ ؟

٢٦ - ١٦ احسب لدائرة القياس التالية الجهد والتيار للمقاومة

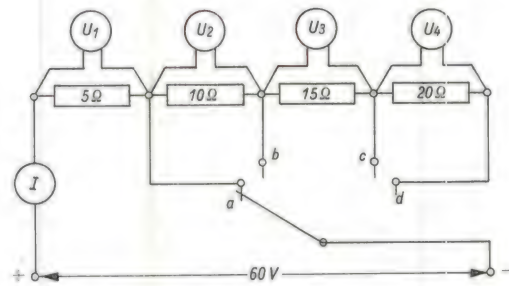
R_1 ، إذا وُصِل معها على التوالي بالتتابع :

(أ) 80Ω (ب) 60Ω (ج) 40Ω (د) 20Ω .



٢٦ - ١٧ احسب كل القراءات للقياس $(U_4, U_3, U_2, U_1, I_1)$

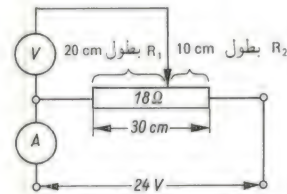
لأوضاع المفتاح a و b و c و d .



٢٦ - ١٨ وُصِلت وضبطت مقاومة متغيرة ملفوفة في طبقة

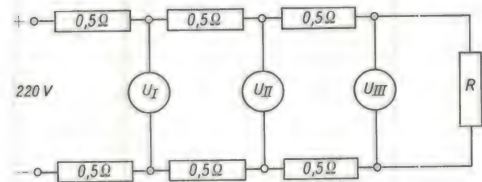
واحدة كما بالرسم . ما هي قيم القياس التي يبينها جهازا

القياس ؟



٢٦ - ١٩ احسب U_I و U_{II} و U_{III} إذا عوض عن المقاومة R

بالتتابع بالقيم : (أ) 107Ω (ب) 52Ω (ج) 24.5Ω .

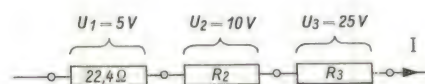


٢٦ - ٢٠ ما النسبة العددية بين الجهود الجزئية الثلاثة ؟

(ب) أوجد قيم المقاومتين R_2 و R_3 . (ج) كم تصبح كل من القيم

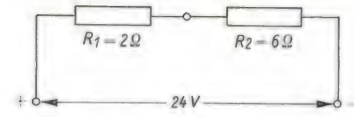
$(U_1, U_2, U_3, R_1, R_2, R_3)$ إذا خُفّض التيار I إلى 80% من قيمته ؟

(د) كم تصبح هذه القيم عند فصل التيار ؟



مسائل على القدرة P

٢٥ - ٢٦

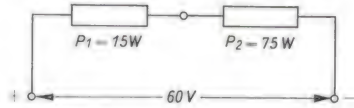


التوصيل على التوالي	R (Ω)	U (V)	I (A)	P (W)
(١) للمقاومة R ₁	2	6	3	18
(٢) للمقاومة R ₂	6	18	3	54
القيم الكلية	8	24	3	72

دقق الآتي في الجدول السابق :

(أ) $P = U \cdot I$ و $R = U \div I$ في كل سطر ب) أربعة قوانين للتوصيل على التوالي رأسياً ج) النسبة 1:3:4 لقيم $R - U - P$ د) كيفية تغير قيم كل من R و U و I و P إذا ضعف $U_1 = 24V$ إلى $48V$ ؟

٢٦ - ٢٦ احسب القيم الناقصة : R و U و I و P في الجدول الآتي :



التوصيل على التوالي	R (Ω)	U (V)	I (A)	P (W)
(١) للمقاومة R ₁	?	?	?	15
(٢) للمقاومة R ₂	?	?	?	75
القيم الكلية	?	60	?	?

تسلسل خطوات الحل : $P_1 \rightarrow I_1 \rightarrow U_1 \rightarrow R_1 \dots$ إلخ

٢٧ - ٢٦ احسب جميع قيم R و U و I و P لاتصال على التوالي لمقاومتين بمعلومية القيم المقاسة التالية :

- (أ) $P_1 = 180W$; $R_2 = 16,5\Omega$; $R_1 = 3,5\Omega$
 (ب) $R_2 = 40\Omega$; $P_1 = 242W$; $U_1 = 220V$
 (ج) $I = 5A$; $P_2 = 375W$; $P_1 = 750W$
 (د) $R_1 = 40\Omega$; $P_2 = 270W$; $P_1 = 90W$
 (هـ) $P_1 = 490W$; $R_1 = 30\Omega$; $U_1 = 210V$
 (و) $P_2 = 120W$; $I = 1,4A$; $U_1 = 110V$
 (ز) $P_1 = 2kW$; $P_1 = 5kW$; $R_1 = 72\Omega$

٢٨ - ٢٦ يراد توصيل كشاف ذي مصباح متوهج $500W/245V$ مع مقاومة توال إضافية R_s على جهد مستمر $600V$.
 (أ) لأي شدة تيار يجب تصميم R_s ب) كم أوما يجب أن تبلغ R_s ؟

٢٩ - ٢٦ وصل المصباح المتوهج رقم (١) (القيم الاسمية $25W/110V$) على التوالي مع المصباح المتوهج رقم (٢) (القيم الاسمية $60W/110V$) على $220V$ احسب :

(أ) المقاومتين الاسميتين للمصباحين بدلالة كل من U_N و P_N ب) التيار في حالة التوصيل على التوالي ج) جهدي التشغيل للمصباحين U_1 و U_2 د) القدرة المستهلكة في كل من المصباحين .

ما رأيك في توزيع الجهد والقدرة؟ يهمل تأثير الحرارة على مقاومة المصابيح .

٢٦ - ٣٠ يراد توصيل موقد كهربائي $4kW/220V$ بموصل من النحاس مزدوج الأسلاك طوله $16m$ ومساحة مقطعه $2,5mm^2$ على شبكة $220V$.

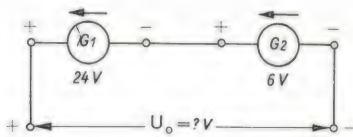
(أ) احسب شدة التيار المار في حالة التشغيل الاسمي؟
 (ب) احسب حالة التشغيل الاسمي الفرق ΔU بين جهد الشبكة وجهد الموقد. ج) ما هو جهد الشبكة اللازم عندئذ؟
 (د) أعط ΔU كنسبة مئوية (%) من الجهد الاسمي؟
 (هـ) كيف يمكن أن تتغير ΔU إذا شغل الموقد عند 50% فقط من قدرته الاسمية؟

٢٦ - ٣١ محرك يعمل بالتيار المستمر قدرته $7,36kW$ يمر به تيار قدره $42A$ عند التحميل الاسمي على الجهد الاسمي $220V$. وصل المحرك عن طريق موصل نحاسي مزدوج الأسلاك طوله $70m$ ومساحة مقطعه $2 \cdot 10mm^2$ على شبكة التوزيع المجاورة. احسب حالة التشغيل الاسمي للمحرك :

(أ) الكفاءة (η) ب) الفقد في الجهد ΔU في الموصل ج) الجهد الكلي اللازم في الشبكة د) كنسبة مئوية من الجهد الاسمي هـ) ΔU عند التشغيل بنسبة 30% من التيار الاسمي .

توصيل منابع الجهد على التوالي

٢٦ - ٣٢ وصل على التوالي مولدا تيار مستمر G_1 (جهد الدائرة المفتوحة أي جهد اللاحمل $24V$) و G_2 (جهد الدائرة المفتوحة $6V$) .



احسب جهد الدائرة المفتوحة الكلي U_0 في الحالات التالية :
 (أ) كلاهما يغذيان في نفس الاتجاه ب) عكس طرفا G_2 ج) يعمل G_2 كمولد للتيار المتردد جهده $6V \pm$.

٢٦ - ٣٣ يراد تركيب البطاريات التالية بتوصيل خلايا جافة على التوالي (جهد الدائرة المفتوحة $1,5V$ والمقاومة الداخلية $0,12\Omega$) . أوجد القيم الناقصة بالجدول .

التمرين	أ	ب	ج
جهد الدائرة المفتوحة U_0	3V	4,5V	12V
العدد اللازم من الخلايا n	?	?	?
المقاومة الداخلية R_i	?	?	?
(عند تيار تحميل 2A) ΔU	?	?	?
(عند تيار تحميل 2A) U_{term}	?	?	?
تيار دائرة القصر I_{sh}	?	?	?

مثال لحل جهد الدائرة المفتوحة $6V$:

$$n = U_0 \div U_1 = 6 \div 1,5 = 4 \text{ (خلايا)}$$

$$R_i = n \cdot R_1 = 4 \cdot 0,12\Omega = 0,48\Omega$$

$$\Delta U = I \cdot R_i = 2A \cdot 0,48\Omega = 0,96V$$

$$U_{term} = U_0 - \Delta U = 6V - 0,96V = 5,04V$$

$$I_{sh} = U_0 \div R_i = 6V \div 0,48\Omega = 12,5A$$

٢٦ - ٣٤ كم عدد الخلايا ($U_0 = 1,5V/R_i = 0,25\Omega$) اللازمة لقيم التشغيل التالية عند الأطراف :
 (أ) $10V/1A$ ب) $14V/0,4A$ ج) $18V/2A$

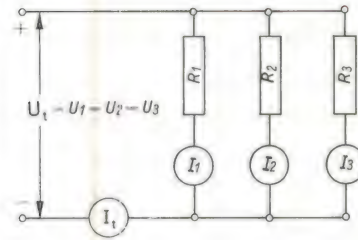
قواعد التوصيل على التوازي

توصّل المصابيح الكهربائية والأجهزة على التوازي بجهدها الإسمي 220 V في شبكة الإنارة على سبيل المثال . ويمكن وصلها أو فصلها مستقلة عن بعضها .
الصفة المميزة للتوصيل على التوازي :
تكون كل المقاومات موصلة على نفس الجهد U.

يكون الجهد U متساويا دائما

يجمع التيارات الجزئية I_1 (خلال R_1) ، I_2 (خلال R_2) ... إلخ.
نحصل على التيار الكلي I_t .
إذا ما قسم طرفا المعادلة على U فإننا نحصل على الصيغة الرياضية للقيمة المقلوبة $1/R_t$.
إذا ضرب طرفا المعادلة في U فإننا نحصل على الصيغة الرياضية للقدرة P_t .
عند نفس الجهد U تكون قيم المواصلة والتيارات والقدرات متناسبة طردياً .

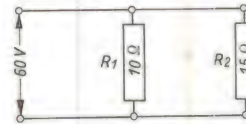
الحل : $I_1 = U/R_1 = 6 \text{ A}$ $P_1 = U \cdot I_1 = 360 \text{ W}$
 $I_2 = U/R_2 = 4 \text{ A}$ $P_2 = U \cdot I_2 = 240 \text{ W}$
 $I_t = I_1 + I_2 = 10 \text{ A}$ $P_t = P_1 + P_2 = 600 \text{ W}$
 $R_t = U/I_t = 6 \Omega$
 الجهد U (متساو في جميع الأجزاء) = 60 V .



من التجربة تبين لنا القياسات أن :

$I_t = I_1 + I_2 + I_3 \dots$	$\frac{I_t}{U} = \frac{I_1}{U} + \frac{I_2}{U} + \frac{I_3}{U}$
$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots$	$I_t \cdot U = I_1 \cdot U + I_2 \cdot U + I_3 \cdot U$
$P_t = P_1 + P_2 + P_3 \dots$	$\frac{1}{R_1} = \frac{U/R_1}{U} = \frac{U^2/R_1}{U^2/R_2}$
$\frac{G_1}{G_2} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{P_1}{P_2}$	

مثال :



احسب جميع قيم U و I و P و R للدائرة :

مقاومة التوازي الكلية

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

تناسب التيارات الفرعية عكسيا مع المقاومات . لنفس الجهد U يمر أكبر تيار في أصغر مقاومة لأن I_t أكبر من أي تيار فرعي ويجب أن تكون R_t أصغر من أي مقاومة فرعية .
يمكن حساب المقاومة الكلية الصغيرة من المقاومات الفرعية . أمثلة :

1) باستعمال الصيغة الرياضية لمقلوب المقاومة $1/R$
 $\frac{1}{R_t} = \frac{1}{2 \Omega} + \frac{1}{5 \Omega} + \frac{1}{10 \Omega} = \frac{0,8}{\Omega} ; \frac{R_t}{1} = 1,25 \Omega$
 $G_t = 0,5 \text{ S} + 0,2 \text{ S} + 0,1 \text{ S} = 0,8 \text{ S} ; R_t = 1,25 \Omega$
 $R_t = \frac{15 \Omega}{3} = 5 \Omega$ (في هذه الحالة $m=3$ عدد المقاومات على التوازي)

$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots$
$G_t = G_1 + G_2 + G_3 \dots$
مقاومة واحدة $R_t = \frac{m}{m}$
$R_t = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

2) باستعمال المواصلة $10 \Omega, 5 \Omega, 2 \Omega$
 3) باستعمال مقاومات متساوية $15 \Omega, 15 \Omega, 15 \Omega$
 4) باستعمال مقاومتين فقط $15 \Omega, 10 \Omega$

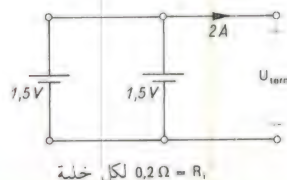
ارسم R_1 و R_2 بمقياس رسم موحد رأسيا على خط القاعدة الأفقي . صل النهايتين لتتقاطعا . تبين المسافة الرأسية من نقطة التقاطع إلى القاعدة قيمة المقاومة الكلية R_t .



5) الحل بالرسم لمقاومتين $15 \Omega, 10 \Omega$

توصيل منابع الجهد على التوازي

تعطي منابع الجهد المتصلة على التوازي جهد أطراف متساو . ويجب أن يكون لها نفس جهد الدائرة المفتوحة ونفس المقاومة الداخلية (وإلا مرت تيارات تعادل خطرة) وتصبح المقاومة الداخلية الكلية أصغر بينما يتوزع تيار التحميل على الخلايا .



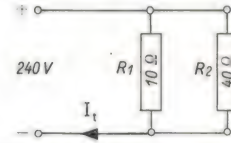
مثال : $R_t = R_b / 2 = 0,1 \Omega$

$U_o = 1,5 \text{ V}$ عند كل نقطة

$U_{term} = U_o - I \cdot R_t = 1,3 \text{ V}$

تمرينات

٢٧-١ دَوِّن كل القيم المقاسة للدائرة في جدول ثم دقق بطريقة الكلمات المتقاطعة : ينطبق قانون أوم في كل سطر أفقي بينما تنطبق رأسياً قواعد التوصيل على التوازي :



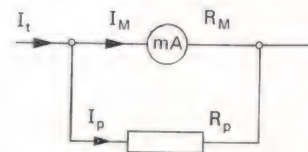
توصيل على التوازي	I (A)	U (V)	R (Ω)
١) للمقاومة R ₁	?	?	10
٢) للمقاومة R ₂	?	?	40
القيم الكلية	?	240	?

تسلسل خطوات الحل : $U_1 \rightarrow U_2 \rightarrow I_1 \rightarrow I_2 \rightarrow I_t \rightarrow R_t$:
٢٧-٢ وُصِلت مقاومتان كل منهما 40 Ω على التوازي على 220 V . احسب :

أ) التيارات الجزئية والتيار الكلي ب) المقاومة الكلية $R_t = U \div I_t$
ج) المقاومة الكلية بالطرق الخمس المذكورة في اللوحة (٢٧) .
٢٧-٣ احسب جميع قيم I و U و R للتوصيل على التوازي لمقاومتين . دقق النتائج في جدول طبقاً لطريقة الكلمات المتقاطعة :

أ) $R_1 = 20 \Omega$	$R_2 = 60 \Omega$	$I_t = 10 A$
ب) $I_1 = 4 A$	$I_2 = 8 A$	$U = 60 V$
ج) $R_1 = 30 \Omega$	$I_1 = 0,3 A$	$I_t = 0,9 A$
د) $U = 24 V$	$I_t = 0,8 A$	$R_1 = 40 \Omega$
هـ) $I_1 = 0,5 A$	$R_1 = 24 \Omega$	$R_2 = 16 \Omega$

٢٧-٤ يراد استخدام جهاز ملي أمبير متر ($R_M = 20 \Omega$, $I_M = 3 mA$) لقياس تيارات أعلى من مجال قياسه . احسب :
مقاومة الحزى R_p الواجب إدخالها على التوازي لقياس تيار كلي حتى : أ) $I_t = 0,3 A$ ب) $I_t = 1,2 A$ ج) $I_t = 6 A$

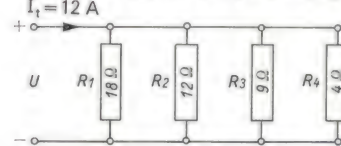


٢٧-٥ احسب ما يلي للتوصيلات على التوازي :
أ) المقاومة الكلية R_t

١- بواسطة الصيغة الرياضية لمقلوب المقاومة $1/R_t$
٢- بواسطة القاعدة الحسابية «حاصل الضرب مقسوماً على المجموع» .

ب) الجهد الكلي U

ج) التيارات الفرعية (الجزئية) I_1 إلى I_4

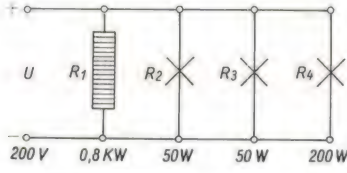


٢٧-٦ وُصِل مصباح متوهج 500 Ω على 220 V ، وكان يسري بالتوازي مع تيار المصباح ما يلي :

أ) تيار القياس في فولتметр مقاومته 100 kΩ
ب) تيار تسرب خلال عزل الموصل ذي مقاومة قدرها 1 MΩ .
احسب التيارين كنسبة مئوية من تيار المصباح .

مسائل على القدرة P.

٢٧-٧ دَوِّن كلاً من القيم R و U و I و P في جدول . أثبت أفقياً أن $P = U \cdot I$ ، $R = U \div I$ ، ورأسياً تطبيق قواعد التوصيل على التوازي :

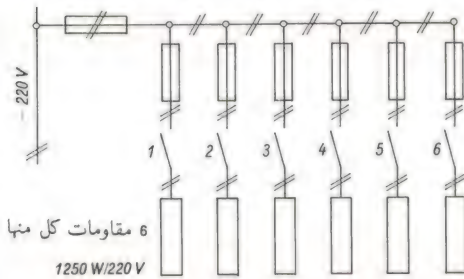


توصيل على التوازي	I (A)	U (V)	P (W)	R (Ω)
١) للمقاومة R ₁	?	?	800	?
٢) للمقاومة R ₂	?	?	50	?
٣) للمقاومة R ₃	?	?	50	?
٤) للمقاومة R ₄	?	?	200	?
القيم الكلية	?	200	?	?

٢٧-٨ المطلوب اختيار مقاومة توازي R₂ الواجب توصيلها مع المقاومة $R_1 = 100 \Omega$ بحيث تسحبان معا قدرة 1500 W عند توصيلهما على جهد 220 V . احسب مقدار R₂ .

٢٧-٩ تم تدفئة مستودع بواسطة ستة مسخنات اسطوانية (كل منها 220 V/1250 W) متصلة على التوازي .
احسب القدرة الكلية والتيار الكلي والمقاومة الكلية عند توصيل العدد التالي من المسخنات في الدائرة :

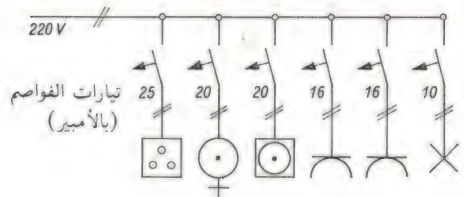
أ) 1 ب) 2 ج) 3 د) 4 هـ) 5 و) 6



٢٧-١٠ احسب لشبكة التوزيع بمسكن :

أ) قيمة الحمل المسموح به (القدرة الاسمية بالواط) لكل دائرة تيار .

ب) القدرة الكلية للشبكة والتيار الكلي والمقاومة الكلية عند التحميل الكامل للشبكة في وقت واحد .



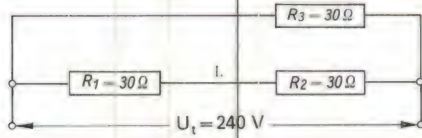
منابع الجهد الموصلة على التوازي

٢٧-١١ بطارية توازي مكونة من 3 خلايا جافة (لكل منها $U_0 = 1,5 V$ و $R_i = 0,3 \Omega$) :

أ) جهد الدائرة المفتوحة ب) المقاومة الداخلية ج) فقد الجهد وجهد الأطراف لتيار 2 A .

يمكن تحويل (تحليل) الكثير من التوصيلات المركبة إلى توصيلات على التوالي (التيار متساو في جميع أجزاء الدائرة) وتوصيلات على التوازي (الجهد متساو في جميع أجزاء الدائرة). يسمح بأن يكون لكل دائرة فرعية مدخل واحد ومخرج واحد فقط للتيار. توضح الأمثلة الأربعة المبينة كيف يمكن حساب قيم I و U و R في دائرة ما، والحل على هيئة جداول يوفر مجهود الكتابة ويعطي نظرة عامة وبرهانا رياضيا على طريقة «الكلمات المتقاطعة» (قانون أوم أفقيا وقواعد التوصيل رأسيا).

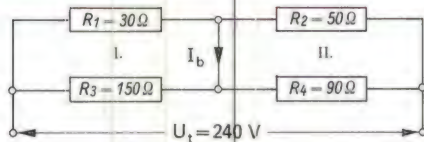
توصيل على التوالي مع مقاومة تواز



التوصيل	R (Ω)	U (V)	I (A)	P (W)
توالي	(1) 30	⑥	↑	
	(2) 30	⑦		
توازي	I. ①	↑	②	
	(3) 30			
القيمة الكلية	⑤	240	④	

$$\begin{aligned}
 ① R_t &= R_1 + R_2 = 30 \Omega + 30 \Omega = 60 \Omega \\
 ② I_t &= U_t \div R_t = 240 \text{ V} \div 60 \Omega = 4 \text{ A} \\
 ③ I_3 &= U_t \div R_3 = 240 \text{ V} \div 30 \Omega = 8 \text{ A} \\
 ④ I_t &= I_1 + I_3 = 4 \text{ A} + 8 \text{ A} = 12 \text{ A} \\
 ⑤ R_t &= U_t \div I_t = 240 \text{ V} \div 12 \text{ A} = 20 \Omega \\
 ⑥ U_1 &= I_t \cdot R_1 = 4 \text{ A} \cdot 30 \Omega = 120 \text{ V} \\
 ⑦ U_2 &= I_t \cdot R_2 = 4 \text{ A} \cdot 30 \Omega = 120 \text{ V}
 \end{aligned}$$

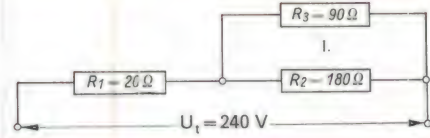
توصيلتا تواز على التوالي



التوصيل	R (Ω)	U (V)	I (A)	القنطرة : I _b = I ₁ - I ₂ = I ₄ - I ₃ = 0,8 A
توازي	(1) 30	↑	⑦	
	(3) 150	↑	⑧	
توازي	(2) 50	↑	⑨	
	(4) 90	↑	⑩	
توازي	I. ①	↑	③	
	II. ②	↑		
القيمة الكلية	⑤	240	④	

$$\begin{aligned}
 ① R_t &= (R_1 \cdot R_3) \div (R_1 + R_3) = 25 \Omega \\
 ② R_{II} &= (R_2 \cdot R_4) \div (R_2 + R_4) = 32,1 \Omega \\
 ③ R_t &= R_I + R_{II} = 25 \Omega + 32,1 \Omega = 57,1 \Omega \\
 ④ I_t &= U_t \div R_t = 240 \text{ V} \div 57,1 \Omega = 4,2 \text{ A} \\
 ⑤ U_I &= I_t \cdot R_I = 4,2 \text{ A} \cdot 25 \Omega = 105 \text{ V} \\
 ⑥ U_{II} &= I_t \cdot R_{II} = 4,2 \text{ A} \cdot 32,1 \Omega = 135 \text{ V} \\
 ⑦ I_1 &= U_I \div R_1 = 105 \text{ V} \div 30 \Omega = 3,5 \text{ A} \\
 ⑧ I_3 &= U_I \div R_3 = 105 \text{ V} \div 150 \Omega = 0,7 \text{ A} \\
 ⑨ I_2 &= U_{II} \div R_2 = 135 \text{ V} \div 50 \Omega = 2,7 \text{ A} \\
 ⑩ I_4 &= U_{II} \div R_4 = 135 \text{ V} \div 90 \Omega = 1,5 \text{ A}
 \end{aligned}$$

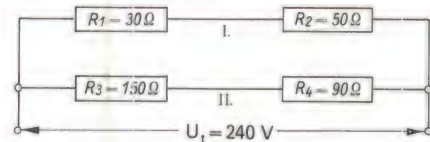
توصيل على التوازي مع مقاومة توال



التوصيل	R (Ω)	U (V)	I (A)	P (W)
توازي	(3) 90	↑	⑥	عند الحاجة
	(2) 180	↑	⑦	
توالي	I. ①	↑	⑤	
	(1) 20			
القيمة الكلية	②	240	③	

$$\begin{aligned}
 ① R_t &= (R_2 \cdot R_3) \div (R_2 + R_3) = 60 \Omega \\
 ② R_t &= R_1 + R_t = 60 \Omega + 20 \Omega = 80 \Omega \\
 ③ I_t &= U_t \div R_t = 240 \text{ V} \div 80 \Omega = 3 \text{ A} \\
 ④ U_1 &= I_t \cdot R_1 = 3 \text{ A} \cdot 20 \Omega = 60 \text{ V} \\
 ⑤ U_1 &= I_t \cdot R_t = 3 \text{ A} \cdot 60 \Omega = 180 \text{ V} \\
 ⑥ I_3 &= U_1 \div R_3 = 180 \text{ V} \div 90 \Omega = 2 \text{ A} \\
 ⑦ I_2 &= U_1 \div R_2 = 180 \text{ V} \div 180 \Omega = 1 \text{ A}
 \end{aligned}$$

توصيلتا توال على التوازي

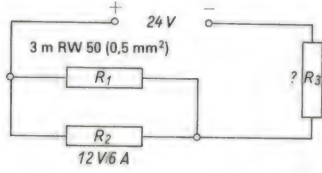


التوصيل	R (Ω)	U (V)	I (A)	P (W)
توالي	(1) 30	↑	⑦	
	(2) 50	↑	⑧	
توالي	(3) 150	↑	⑨	
	(4) 90	↑	⑩	
توازي	I. ①	↑	③	
	II. ②			
القيمة الكلية	⑥	240	⑤	

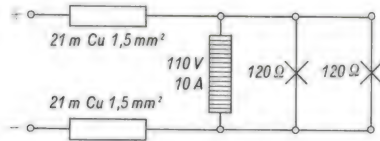
$$\begin{aligned}
 ① R_t &= R_1 + R_2 = 30 \Omega + 50 \Omega = 80 \Omega \\
 ② R_{II} &= R_3 + R_4 = 150 \Omega + 90 \Omega = 240 \Omega \\
 ③ I_t &= U_t \div R_t = 240 \text{ V} \div 80 \Omega = 3 \text{ A} \\
 ④ I_{II} &= U_t \div R_{II} = 240 \text{ V} \div 240 \Omega = 1 \text{ A} \\
 ⑤ I &= I_t + I_{II} = 3 \text{ A} + 1 \text{ A} = 4 \text{ A} \\
 ⑥ R &= U_t \div I_t = 240 \text{ V} \div 4 \text{ A} = 60 \Omega \\
 ⑦ U_1 &= I_t \cdot R_1 = 3 \text{ A} \cdot 30 \Omega = 90 \text{ V} \\
 ⑧ U_2 &= I_t \cdot R_2 = 3 \text{ A} \cdot 50 \Omega = 150 \text{ V} \\
 ⑨ U_3 &= I_{II} \cdot R_3 = 1 \text{ A} \cdot 150 \Omega = 150 \text{ V} \\
 ⑩ U_4 &= I_{II} \cdot R_4 = 1 \text{ A} \cdot 90 \Omega = 90 \text{ V}
 \end{aligned}$$

تمرينات

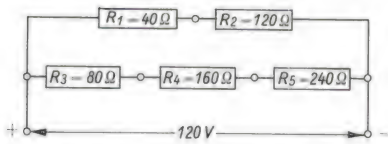
٢٨ - ٧ وصلت مقاومة ثلاثة $R_3 = 7,6 \Omega$ على التوالي مع
مقاومتين متصلتين على التوازي $R_1 = 6 \Omega$ و $R_2 = 4 \Omega$.
ما مقدار المقاومة الكلية R_t ؟
٢٨ - ٨ اوجد قيمة المقاومة R_3 ، إذا لزم تشغيل R_2 عند
 $12 \text{ V} / 6 \text{ A}$ ؟



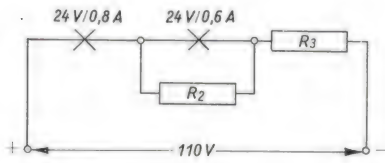
٢٨ - ٩ احسب قيم كل من R و U و I للدائرة التالية :



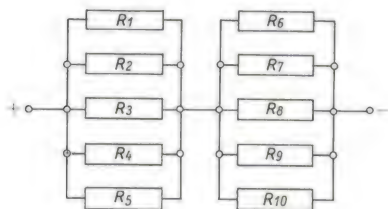
٢٨ - ١٠ احسب قيم كل من R و U و I :



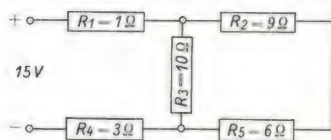
٢٨ - ١١ أوجد قيم المقاومتين R_2 و R_3 للدائرة التالية :



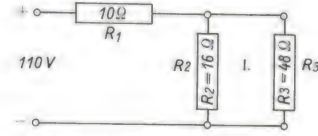
٢٨ - ١٢ تكون 10 فتائل تسخين (كل منها 20Ω) مجموعتين تضم
كل منهما 5 مقاومات موصلة على التوازي وكلتا المجموعتين
متصلتان على التوالي بمجهود $U_1 = 220 \text{ V}$. احسب كلا من التيار
الكلي والجهود والتيارات الفرعية لكل فتيلة تسخين :
(أ) للدائرة الأصلية (ب) ما الذي يجب الانتباه إليه إذا
ما احترقت المقاومات R_1 و R_2 و R_3 و R_7 فجأة؟



٢٨ - ١٣ احسب قيم كل من R و U و I :

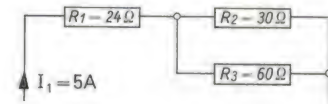


٢٨ - ١ دقق جميع قيم R و U و I لهذه الدائرة في الجدول
التالي . ينطبق أفقياً في كل سطر $R=U \div I$ وتنطبق رأسياً قوانين
التوصيل المختلفة .
مسألة : احسب مرة أخرى باستخدام المقاومة $R_1 = 8 \Omega$ (بدلاً
من 10Ω) .



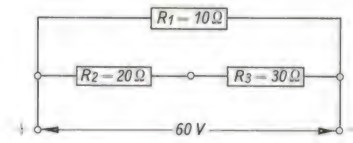
التوصيل	$R (\Omega)$	$U (V)$	$I (A)$
توازي	R_2	60	3,75
	R_1	60	1,25
توالي	I	60	5
	R_1	50	5
القيم الكلية		110	5

٢٨ - ٢ احسب قيم كل من R و U و I :

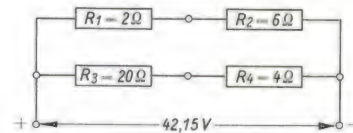


التوصيل	$R (\Omega)$	$U (V)$	$I (A)$
توازي	R_2	?	?
	R_3	?	?
توالي	I	?	?
	R_1	?	5
القيم الكلية		?	?

٢٨ - ٣ احسب قيم كل من R و U و I :



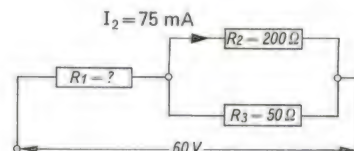
٢٨ - ٤ احسب قيم كل من R و U و I :



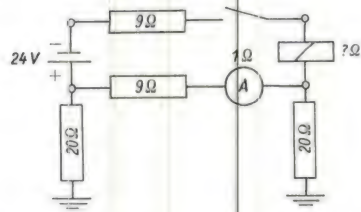
٢٨ - ٥ وصلت النقطتان المتوسطتان في الدائرة المبينة أعلاه
بواسطة قنطرة عرضية بحيث تتكون توصيلتان على التوازي .
(انظر ٢٨ - ٤)

احسب قيم كل من R و U و I للدائرة الجديدة .

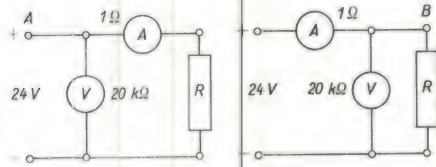
٢٨ - ٦ احسب مقاومة التوالي R_1 :



٢٨ - ١٩ ما قيمة مقاومة ملف مرحل ، إذا بين الامبيرمتر عند وصل المفتاح القراءة 400 mA ؟



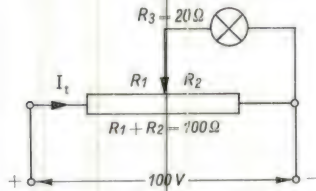
٢٨ - ٢٠ تحقق من ملائمة قيم المقاومات المعلومة ($R=20\text{ k}\Omega$) القياس التي تعطىها دائرتا القياس التاليتين؟ (قرب القراءات حتى ثلاثة أرقام. بيانات أجهزة القياس هي 1Ω ، $20\text{ k}\Omega$ ، أكل القيم الناقصة بالجدول .



الدائرة	A	B
أ	ب	ج
د	هـ	و
R (معلومة)	20 kΩ	200 Ω
قياس الجهد U	?	?
قياس التيار I	?	?
$R=U \div I$?	?
النسبة المئوية	?	?
خطأ القياس	?	?

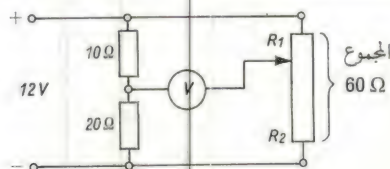
٢٨ - ٢١ احسب جهد المصباح والتيار الكلي لمجزئ جهد محمل في الأوضاع التالية ، مستعينا بمعطيات الدائرة الموضحة :

أ	ب	ج	د	هـ
R_1	100 Ω	75 Ω	50 Ω	25 Ω
R_2	0 Ω	25 Ω	50 Ω	75 Ω

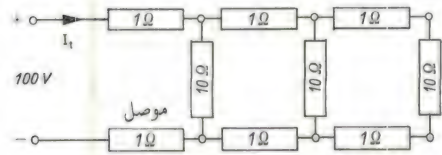


٢٨ - ٢٢ اوجد القراءات التي يبينها الفولطمتر عند القيم المبينة بالجدول في الدائرة الموضحة .

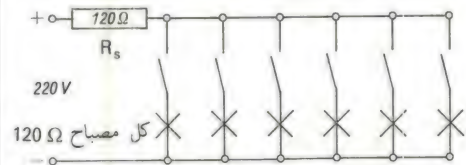
أ	ب	ج	د	هـ
R_1	0 Ω	10 Ω	20 Ω	30 Ω
R_2	60 Ω	50 Ω	40 Ω	30 Ω



٢٨ - ١٤ احسب التيار الكلي لخط التغذية



٢٨ - ١٥ إذا تم التعويض عن مقاومة كل مصباح ($110\text{ V}/100\text{ W}$) في المسألة التالية بالقيمة 120Ω دون النظر إلى درجة حرارة التشغيل ،

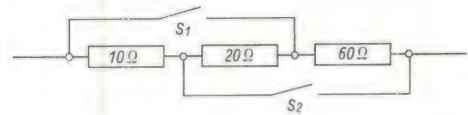


احسب مقاومة التوازي للمصابيح ، والمقاومة الكلية وجهد المصابيح ، عند توصيل مصباح واحد أو مصباحين أو ثلاثة أو أربعة أو خمسة أو ستة مصابيح .

الترين	أ	ب	ج	د	هـ	و
عدد المصابيح	1	2	3	4	5	6

٢٨ - ١٦ احسب المقاومة الكلية في الدائرة الموضحة أدناه إذا كان :

أ) كلا المفتاحين مفصولين (ب) المفتاح S_1 فقط موصل (ج) المفتاح S_2 فقط موصل (د) كلا المفتاحين موصلين

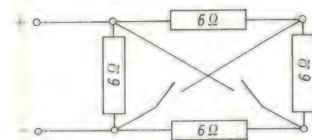


٢٨ - ١٧ احسب المقاومة الكلية :

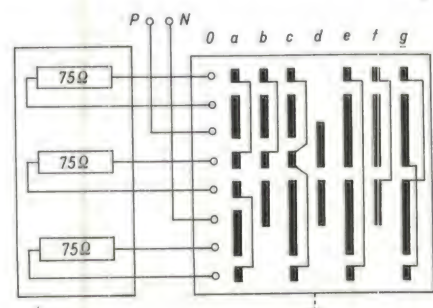
أ) للمفاتيح المفصولة

ب) لمفتاح واحد موصل .

ج) لمفتاحين موصلين (أنظر أسفله) .



٢٨ - ١٨ احسب المقاومة الكلية والتيار الكلي (لجهد $U=225\text{ V}$) لأوضاع الاتصال من (a) حتى (g) لمفتاح ذي تلامس داري .



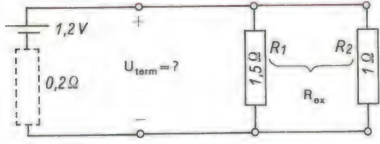
توصيلات البطاريات

$$R_i = R_i + R_{ox}$$

$$U_o = U_i + U_{term}$$

تعتبر المقاومة الداخلية R_i لمنع الجهد متصلة على التوالي مع المقاومة الخارجية R_{ox} . يقاس الجهد الكلي U_o في حالة الدائرة المفتوحة. انظر اللوحة (٣١) للكيمياء الكهربائية.

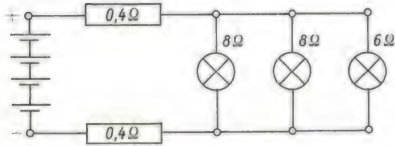
مثال: احسب قيم كل من R و U و I :



التوصيل	$R (\Omega)$	$U (V)$	$I (A)$
على التوازي	R_1 (خارجية)	1.5	0.6
	R_2 (خارجية)	1	0.9
على التوالي	R_{ox} (خارجية)	0.6	1.5
	R_i (داخلية)	0.2	1.5
القيم الكلية	المقاومة المكافئة للجهد U_o	0.8	1.5

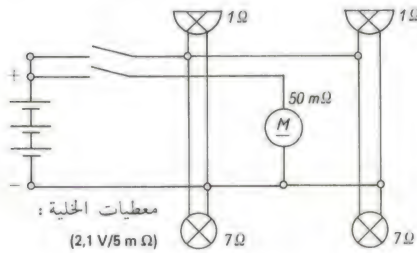
٢٨ - ٢٩ أعد حل المثال السابق مرة أخرى بتوصيل على التوالي مكون من: (أ) خليتين (كل منهما $1.2V/0.2\Omega$) (ب) 3 خلايا (كل منها $1.2V/0.2\Omega$) ثم دوّن U_o و R_i فوراً كقيم كلية في جدول التوصيل.

٢٨ - ٣٠ احسب قيم كل من R و U و I لتوصيلة البطاريات التالية. لكل خلية جهد دائرة مفتوحة $U_o = 1.5V$ ومقاومة داخلية $R_i = 0.2\Omega$.



٢٨ - ٣١ اوجد تيار التحميل وجهد الأطراف لبطارية سيارة عند:

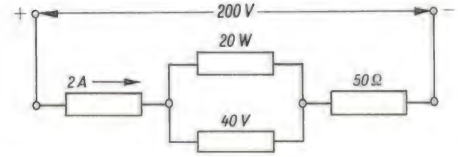
(أ) حالة الدائرة المفتوحة (ب) توصيل الإضاءة فقط (ج) إذا شغل بادئ الحركة بالإضافة إلى الحالة (ب).



٢٨ - ٣٢ وصل صفان كل منهما مكون من 8 خلايا جافة (كل خلية $U_o = 1.5V$, $R_i = 0.3\Omega$) على التوالي. احسب للبطارية: (أ) جهد الدائرة المفتوحة (ب) المقاومة الداخلية (ج) جهد الأطراف عند تيار تحميل قدره $0.5A$ (د) عند تيار تحميل $5A$.

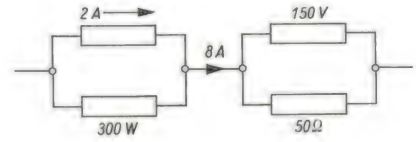
مسائل على القدرة P

٢٨ - ٢٣ احسب قيم كل من R و U و I و P .

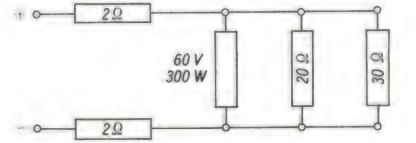


التوصيل	$R (\Omega)$	$U (V)$	$I (A)$	$P (W)$
توازي	R_2	?	?	20
	R_3	40	?	?
توالي	I	?	?	?
	R_1	?	2	?
	R_4	?	?	?
القيم الكلية	?	200	?	?

٢٨ - ٢٤ احسب قيم كل من R و U و I و P .

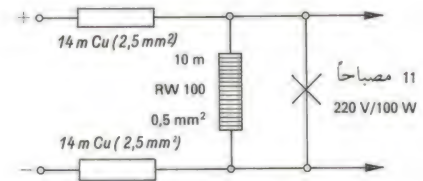


٢٨ - ٢٥ احسب قيم كل من R و U و I و P .



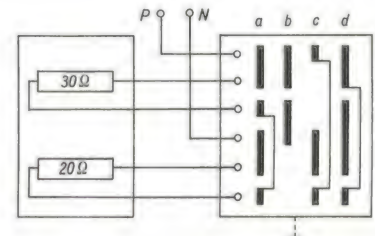
٢٨ - ٢٦ احسب للتركيبة المبينة:

(أ) التيار الكلي في الموصل (ب) فقد الجهد في الموصل (ج) فقد القدرة في الموصل (د) جهد الشبكة اللازم.



٢٨ - ٢٧ حمل خط إنارة ذو مقاومة قدرها 0.4Ω تحميلاً إضافياً بتوصيل مسخن $220V/2kW$. احسب مقدار هبوط الجهد.

٢٨ - ٢٨ احسب قيمة المقاومة والقدرة المستهلكة عند جهد $212V$ لجميع أوضاع التوصيل الموضحة بالرسم؟



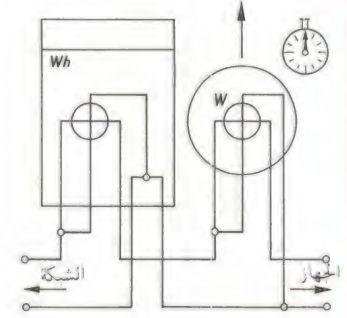
الشغل الكهربائي W

يدفع ثمن الشغل الكهربائي إلى شركة توليد الكهرباء، إذ إن الأجهزة الكهربائية الموصلة للشبكة تسحب قدرة. ويزداد الشغل الكهربائي المبذول W (كمية الحرارة وساعات الإضاءة والكيلوواط ساعة) بزيادة قدرة الجهاز P، وفترة التشغيل t.

الشغل = القدرة × الزمن
$t \cdot P = W$
واط ثانية = واط × ثانية

وحدات الشغل الكهربائي: واط ثانية (Ws) أو كيلوواط ساعة (kWh)
التحويل الحسابي:

$$\begin{aligned} 1 \text{ kWh} &= 1000 \text{ Wh} = \\ &= 60 \cdot 1000 \text{ Wmin} = \\ &= 60 \cdot 60 \cdot 1000 \text{ Ws} = 3\,600\,000 \text{ Ws} \end{aligned}$$



أمثلة:

مصباح متوهج 15 W، فترة التشغيل 30 s، اوجد الشغل الكهربائي.

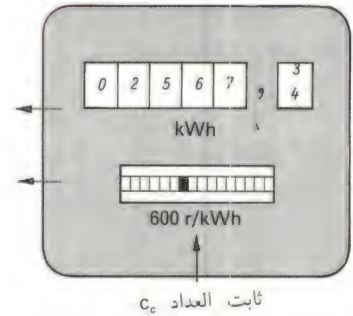
$$W = P \cdot t = 15 \text{ W} \cdot 30 \text{ s} = 450 \text{ Ws}$$

فرن كهربائي قدرته 2 kW، فترة التشغيل 4 h، اوجد الشغل الكهربائي.

$$W = P \cdot t = 2 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h} = 8 \text{ kWh}$$

يستخدم العداد الكهربائي كجهاز قياس للشغل وهو يعطي نتيجة قياس تزداد مع زمن التشغيل:

قراءة الشغل W بوحدة kWh = القراءة الجديدة للعداد - القراءة القديمة للعداد
(للقراءات على فترات دورية متباعدة)
 $W (\text{kWh}) = \text{عدد الدورات} \div \text{ثابت العداد } C_e$
(للقراءات على فترات قصيرة)



مثال: إذا دار قرص العداد المبين 15 دورة، ما مقدار الشغل المستهلك؟

$$W = \frac{15 \text{ r}}{600 \text{ r/kWh}} = \frac{1}{40} \text{ kWh} = 0,025 \text{ kWh} = 25 \text{ Wh}$$

قياس القدرة بواسطة العداد

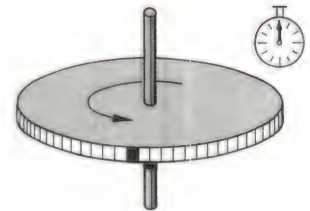
افصل التيار الكهربائي عن جميع الأجهزة المحملة على العداد، واختبر ما إذا كان قرص العداد ساكناً. صل الجهاز المستهلك المطلوب اختباره فقط. سجل عدد دورات قرص العداد في دقيقة واحدة وليكن n. بضرب القيمة n في 60 نحصل على عدد الدورات في الساعة r/h وعليه يكون:

$$P_{kW} = \frac{n \cdot 60}{C_e} \quad kW = \frac{r/h}{r/kWh}$$

مثال:

تم عد 17 دورة في دقيقة واحدة بعداد ثابتته C_e هو 300 r/kWh. اوجد القدرة.

$$P = \frac{n \cdot 60}{C_e} = \frac{17 \cdot 60}{300 \text{ r/kWh}} = \frac{17}{5} \text{ kW} = 3,4 \text{ kW}$$



تكلفة الطاقة (مع أمثلة للتعريف)

تُحسب التكلفة الشهرية لتغطية استهلاك الطاقة الكهربائية طبقاً لتعريفات محددة. وتتكون التكلفة من:

- (١) السعر الأساسي لتجهيز جميع المنشآت الخاصة بشركة إمداد الكهرباء
- (٢) السعر بالريال لكل كيلوواط ساعة من الشغل المستهلك (الطاقة)

$$\text{التكلفة الشهرية} = \text{السعر الأساسي} + (\text{الشغل} \times \text{سعر الشغل})$$

الحل للجزء (ج) :

$$P = ? \text{ kW}$$

$$W = 150 \text{ Wh} = 0,15 \text{ kWh}; t = 1 \text{ min} = 1/60 \text{ h}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{0,15 \text{ kWh}}{1/60 \text{ h}} = 0,15 \cdot 60 \text{ kW} = 9 \text{ kW}$$

$$٢٩ - ٨ : وُضِلَتْ مَقَاوِمَةٌ 44 \Omega :$$

(أ) لمدة 3 ساعات على 220 V (ب) لمدة 4 ساعات على 110 V .

احسب الشغل الكهربائي المستهلك بالكيلوواط ساعة .

الحل للجزء (أ) :

$$W = ? \text{ kWh}$$

$$R = 44 \Omega; t = 3 \text{ h}; U = 220 \text{ V}$$

$$W = P \cdot t = 1,1 \text{ kW} \cdot 3 \text{ h} = 3,3 \text{ kWh}$$

$$P = U^2 \div R = (220 \text{ V})^2 \div 44 \Omega = 1100 \text{ W} = 1,1 \text{ kW}$$

٢٩ - ٩ : يمر تيار 100 A لمدة 9 ساعات في خط تغذية ذي مقاومة $0,05 \Omega$. كم كيلوواط ساعة تفقد في الخط؟

٢٩ - ١٠ : يتسرب تيار 25 mA من الليفة إلى الجسم نتيجة لخلل في العزل بلا انقطاع لمدة 18 يوما تحت تأثير جهد قدره 110 V . احسب الشغل المستهلك (kWh) .

٢٩ - ١١ : إذا أخذت وليجة (خرطوشة) تسخين لكاوية لحام كهربائية موصلة على 220 V شغلا كهربائيا قدره 20 Wh في 8 دقائق .

احسب : (أ) قيمة الحمل المتصل بالواط (ب) مقاومة لفيفة التسخين بالأوم .

٢٩ - ١٢ : عند توصيل حمل $220 \text{ V} / 3000 \text{ W}$ هبط جهد التوصيل بمقدار 3 V . احسب ماييلي لفترة تشغيل 5 h .

(أ) الشغل المستهلك بواسطة الحمل (ب) الشغل المستهلك بواسطة خط التغذية الكهربائية الذي يجب أن يدفعه المستهلك .

٢٩ - ١٣ : تركت سهوا أضواء الكشافات (القيمة المتوسطة 90 W) لسيارة ركوب مضاءة في مكان الانتظار . والبطارية ذات 6 V يمكنها أن تعطي 60 Ah (أمبير × ساعة) . بعد كم من الوقت تفرغ البطارية؟

٢٩ - ١٤ : يظل جهاز تلفزيون 300 W مشغلا طيلة 24 يوما من الساعة 20 حتى الساعة 22.30 ما مقدار الشغل المأخوذ بواسطة الجهاز بالكيلوواط ساعة؟

٢٩ - ١٥ : احسب متوسط التيار المسحوب بواسطة محرك يعمل بالتيار المستمر ويستهلك 34,4 kWh في 8,5 h عند توصيله بجهد قدره 225 V .

٢٩ - ١٦ : احسب الشغل المعطى من بطارية مصباح جيب بالكيلوواط ساعة بقيم التشغيل المتوسطة التالية :

$$4 \text{ h } 15 \text{ min}; 200 \text{ mA}; 2,5 \text{ V}$$

٢٩ - ١٧ : يمكن تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية مع أخذ الكفاية في الاعتبار . كم Nm نحصل عليها من 1 kWh ، إذا لم يؤخذ الفقد أثناء التحويل في الاعتبار؟

تمرينات

الشغل الكهربائي

٢٩ - ١ : حوّل إلى كيلو واط ساعة (kWh):

أ	ب	ج	د
250 Wh	210 Wmin	36 000 Ws	0,05 MWh

ملاحظة : 1 MWh (Mega-Wh) = 1000 kWh

الحل للجزء (ب) : 1 kWh = 60 · 1000 Wmin

$$1 \text{ Wmin} = \frac{1}{60 \cdot 1000} \text{ kWh}$$

$$210 \text{ Wmin} = \frac{210}{60 \cdot 1000} \text{ kWh} = 0,0035 \text{ kWh}$$

٢٩ - ٢ : حوّل إلى واط ثانية (Ws):

$$572 \text{ Wmin}; 38,5 \text{ Wh}; 2,7 \text{ kWh}; 0,25 \text{ MWh}$$

٢٩ - ٣ : حوّل إلى واط دقيقة (Wmin):

$$630 \text{ Ws}; 3,6 \text{ Wh}; 0,4 \text{ kWh}; 0,1 \text{ MWh}$$

٢٩ - ٤ : حوّل إلى واط ساعة (Wh):

$$5400 \text{ Ws}; 450 \text{ Wmin}; 0,643 \text{ kWh}; 0,03 \text{ MWh}$$

٢٩ - ٥ : احسب الشغل الكهربائي بالكيلوواط ساعة لمعطيات التشغيل التالية :

الجهاز	قيمة الحمل	الزمن
(أ) مشع حراري (مدفأة)	1500 W	2 h
(ب) مكواة	800 W	1,3 h
(ج) كاوية لحام	150 W	0,1 h
(د) مسخن مياه	3000 W	55 min
(هـ) مصباح متوهج	60 W	12 min
(و) مسخن غاطس	200 W	2 min 24 s

الحل للجزء (د) :

$$W = ? \text{ kWh}$$

$$P = 3000 \text{ W} = 3 \text{ kW}; t = 55 \text{ min} = 55/60 \text{ h}$$

$$W = P \cdot t = 3 \text{ kW} \cdot \frac{55}{60} \text{ h} = \frac{55}{20} \text{ kWh} = 2,75 \text{ kWh}$$

٢٩ - ٦ : احسب الشغل الكهربائي بوحدة القياس المعطاة :

القدرة P	الزمن t	الشغل الكهربائي W
(أ) 27 kW	10s	? Wh
(ب) 60 W	10 min	? Ws
(ج) 2,4 MW	1 min	? kWh
(د) 300 kW	50 h	? MWh
(هـ) 50 mW	6 000 h	? kWh
(و) 4500 W	1 h 36 min	? Wh

الحل للجزء (أ) :

$$W = ? \text{ Wh}$$

$$P = 27 \text{ kW} = 27 \cdot 1000 \text{ W}; t = 10 \text{ s} = 10/3600 \text{ h}$$

$$W = P \cdot t = 27 \cdot 1000 \text{ W} \cdot \frac{10}{3600} \text{ h} = \frac{2700}{36} \text{ Wh} = 75 \text{ Wh}$$

٢٩ - ٧ : احسب القيم الناقصة :

القدرة P	الزمن t	الشغل الكهربائي W
(أ) 80 W	6 min	? Wh
(ب) 5,5 kW	1800 h	? MWh
(ج) ? kW	1 min	150 Wh
(د) 1500 W	? s	0,075 kWh
(هـ) ? W	48 h	157 kWh
(و) 2,5 kW	? min	6,5 kWh

تمرينات على العدادات

٢٩ - ٢٦ يراد تعيين قيمة الحمل للأجهزة الكهربائية التالية بواسطة سرعة دوران قرص العداد (r.p.m.):

الجهاز	P (kW)	n (r.p.m.)	C _e (r/kWh)
(أ) مكينة كهربائية	?	5	1500
(ب) مكواة ثياب	?	12	1200
(ج) مسخن تدفق مستمر	?	37,5	375
(د) راديو	?	1,5	900
(هـ) مصباح سقف	?	3	600
(و) غسالة كهربائية	?	32	480

٢٩ - ٢٧ أتم قرص العداد ذو الثابت $C_e = 1200$ r/kWh أثناء تشغيل موقد مسطح (طباخة كهربائية) 6 دورات تماما في 12 s . ما القدرة الكهربائية التي يستهلكها الموقد؟

٢٩ - ٢٨ شغل مشع للأشعة فوق البنفسجية كحمل وحيد على عداد استهلاك منزلي ثابتته $C_e = 900$ r/kWh . عندئذ دار قرص العداد في دقيقة واحدة 4,5 مرة . كم واط يأخذها المشع؟

٢٩ - ٢٩ يراد تعيين قيمة الحمل لمسخن مياه بواسطة قراءة العداد إذا علم أنه بعد تشغيله كجهاز بمفرده أتم قرص العداد ذو الثابت $C_e = 120$ r/kWh ثلاث دورات في 20 s .

٢٩ - ٣٠ يوجد لكل ثابت عداد C_e معامل K ، يمكن بواسطته حساب قيمة الحمل بالواط مباشرة من سرعة الدوران n (انظر الجزء (أ) المحلول) . عيّن هذا المعامل لثوابت العدادات التالية:

أ	ب	ج	د	هـ	و
150	300	600	750	1200	1500
r/kWh	r/kWh	r/kWh	r/kWh	r/kWh	r/kWh

الحل للجزء (أ):

$$K = \frac{60 \cdot 1000}{C_e} = \frac{60 \cdot 1000}{150} \quad W_{min} = 400 \quad W_{min}$$

$$P_w = n \cdot K = n \cdot 400 \quad W_{min}$$

٢٩ - ٣١ كم دورة في الدقيقة يدورها القرص الدوار للعداد $C_e = 600$ r/kWh إذا وصلت الأحمال التالية في آن واحد:

- مصباح متوهج واحد 100 W
- ثلاثة مصابيح متوهجة كل منها 40 W
- مكواة ثياب واحدة 0,8 kW
- موقد مسطح واحد 1,5 kW
- موقد مسطح واحد 1 kW
- جهاز راديو واحد 70 W
- ثلاجة واحدة 110 W

٢٩ - ٣٢ تتغير القدرة المستهلكة والتيار المسحوب والمقاومة المكافئة للحرك يعمل بالتيار المستمر 2,2 kW عند تحميل المحرك .

ويراد قياس ذلك بواسطة قرص العداد (375 r/kWh)

احسب P و I و R لجهد 220 V :

(أ) عند n=25 r.p.m. (ب) عند n=18 r.p.m.

عند الحساب باستخدام ثابت العداد يجب التمييز بين :
 C_e = ثابت العداد (عدد دورات قرص العداد لكل كيلواط ساعة) و r = عدد الدورات في زمن معين و n = سرعة الدوران في الدقيقة (عدد دورات قرص العداد في كل دقيقة) .

٢٩ - ١٨ عند تشغيل موقد كهربائي تغيرت قراءة العداد في 8 دقائق من 2544,87 kWh إلى 2545,19 kWh . ما مقدار القدرة المستهلكة؟

٢٩ - ١٩ يبين عداد في مسكن سافر مستأجره لفترة طويلة أن جهازا كهربائيا ترك مشغلا . فإذا تغيرت قراءة العداد في 5 دقائق من 2545,19 kWh إلى 2545,23 kWh .

احسب قيمة الحمل الموصل . أي جهاز يمكن أن يكون ذلك؟

٢٩ - ٢٠ غير مسخن مياه قراءة العداد من 2545,23 kWh إلى 2550,03 kWh في زمن تسخين قدره 48 دقيقة . احسب قيمة تحميله بالواط .

٢٩ - ٢١ إذا كان فرن كهربائي 1200 W هو الجهاز المستهلك الوحيد المشغل . عيّن بواسطة قراءة العداد المدة التي تم تشغيل الفرن فيها ، إذا كانت القراءة السابقة هي 06349,8 kWh والقراءة الجديدة هي 06376,3 kWh .

٢٩ - ٢٢ ما مقدار الشغل الكهربائي اللازم لتقديد الخبز إذا دار القرص الدوار في العداد 30 دورة أثناء ذلك ($C_e = 300$ r/kWh) .

٢٩ - ٢٣ أثناء عملية عصر الغسيل بالطرد المركزي دار القرص الدوار في العداد ($C_e = 600$ r/kWh) لعملية عصر واحدة 4 مرات . احسب الشغل الكهربائي المستهلك أثناء ذلك بالكيلواط ساعة .

مثال :

كم دورة يدورها قرص عداد ثابتته 1500 r/kWh إذا ظل مصباح متوهج 60 W موصلا لمدة دقيقتين؟
 طرق الحل :

$$(1) \quad W = 60 \text{ W} \cdot 2 \text{ min} = 120 \text{ Wmin} = 2 \text{ Wh} =$$

$$= 0,002 \text{ kWh}; \quad 1 \text{ kWh} \approx 1500 \text{ دورات}$$

$$0,002 \text{ kWh} \approx 0,002 \cdot 1500 = 3$$

$$(2) \quad W = 60 \text{ W} \cdot 2 \text{ min} = 120 \text{ Wmin} = 2 \text{ Wh} =$$

$$= 0,002 \text{ kWh}; \quad W = r/C_e$$

$$r = W \cdot C_e = 0,002 \cdot 1500 = 3 \text{ دورات}$$

$$(3) \quad P_{kW} = n \cdot 60 / C_e$$

$$n = P_{kW} \cdot C_e / 60 = 0,06 \cdot 1500 / 60 = 1,5 \text{ r.p.m.}$$

$$\text{دورات } r = 2 \text{ min} \cdot n = 3 \text{ (لدقيقتين)}$$

٢٩ - ٢٤ كم دورة يدورها قرص عداد ذو ثابت قدره 1200 r/kWh أثناء زمن المراقبة t=10 s عند تشغيل فرن كهربائي 1500 W ؟

٢٩ - ٢٥ حمل عداد ثابتته 300 r/kWh بموقد كهربائي قدرته 2500 W . بعد كم ثانية يكون قرص العداد قد دار عشر دورات؟

تكلفة الطاقة

٢٩ - ٣٣ إذا كان ثمن الشغل SR 0,07 لكل كيلوواط ساعة، فكم تكون التكاليف بالهالة :

(أ) لإضاءة مصباح متوهج 60 W لمدة ساعة (ب) لتشغيل مكواة 450 W لمدة ساعة (ج) لتسخين فرن كهربائي 2500 W لمدة ساعة (د) للتشغيل اليومي لثلاجة 100 W إذا كان زمن التشغيل 25%؟

الحل للجزء (أ) :

$$W = P \cdot t = 60 \text{ W} \cdot 1 \text{ h} = 60 \text{ Wh} = 0,06 \text{ kWh}$$

التكلفة = السعر \cdot W

$$= 0,06 \cdot 0,07 \text{ SR} = 0,0042 \text{ SR} = 0,42 \text{ HL (هالة)}$$

٢٩ - ٣٤ احسب بواسطة المعطيات بالجدول من (أ) حتى (و) التكلفة الشهرية للتيار ومنها أسعار الشغل بالريال لكل كيلوواط ساعة بفرض أن السعر متغير تبعاً لمقدار الاستهلاك .

سعر الشغل (SR/kWh)	السعر الأساسي (لشهر SR)	الاستهلاك الشهري (kWh)
(أ) 0,11	3,60	32
(ب) 0,11	6,00	68
(ج) 0,11	5,60	92
(د) 0,09	7,30	115
(هـ) 0,09	8,60	186
(و) 0,09	9,80	297

الحل للجزء (أ) :

١ - تكلفة الطاقة :

$$3,60 \text{ SR} + 32 \cdot 0,11 \text{ SR} = 7,12 \text{ SR}$$

٢ - سعر الطاقة :

$$7,12 \text{ SR} \div 32 \text{ kWh} = 0,223 \text{ SR/kWh}$$

٢٩ - ٣٥ مسكن لأربعة أشخاص مجهز تجهيزاً كاملاً بالأجهزة الكهربائية يحتاج يومياً إلى 3 kWh للطهي و 1 kWh للثلاجة و 0,8 kWh للغسيل وأسبوعياً إلى 20 kWh للاستحمام وشهرياً إلى 24 kWh للإنارة والكي وتشغيل المذياع 60 W لمدة 5 ساعات يومياً. احسب تكلفة الطاقة الشهرية وسعر التيار على أساس أن الشهر 30 يوماً أو 4 أسابيع حسب الحالة. علماً بأن تعريفة التشغيل هي 0,07 SR/kWh والسعر الأساسي 2,60 SR/m (ريالاً في الشهر) .

٢٩ - ٣٦ شغلت الأجهزة التالية بسعر استهلاك أساسي قدره 6,60 SR في الشهر وتعريفة تشغيل 0,11 SR/kWh وهي : مصباحان متوهجان كل منهما 100 W لمدة 3 ساعات خمسة مصابيح متوهجة كل منها 40 W لمدة ساعتين ثلاجة 0,5 kWh

غسالة كهربائية 3 kW لمدة 3/4 ساعة

مسخن مياه كهربائي 2 kW لمدة ساعة واحدة

مشع حراري (مدفأة) 1500 W لمدة 1/2 ساعة
مكنسة كهربائية 200 W لمدة 1/4 ساعة
جهاز تلفزيون 250 W لمدة ساعتين
مكواة كهربائية 500 W لمدة 1/2 ساعة
وباقى الأجهزة الصغيرة الأخرى معا 200 Wh.

(أ) ما مقدار الشغل المستهلك بهذه الأجهزة لمدة 30 يوماً؟
(ب) كم تبلغ تكلفة الطاقة في الشهر؟
(ج) احسب سعر الطاقة .

٢٩ - ٣٧ يشغل راديو ترانزستور (300 mW/6 V) يومياً لمدة 4 ساعات، وتتكلف مجموعة البطاريات ذات سعة قدرها 3 Ah مبلغ 3,60 SR. ما مقدار التكلفة :

(أ) للتشغيل 30 يوماً (ب) للكيلوواط ساعة (1 kWh) ؟

٢٩ - ٣٨ تشغل وليجة تسخين ذات قدرة تبلغ 150 W من خلال الترموستات 11 ساعة يومياً. احسب التكلفة الشهرية للتشغيل بسعر شغل قدره 0,095 SR/kWh.

٢٩ - ٣٩ مكواة ثياب للرحلات تستهلك عند تشغيلها لمدة 5 ساعات 0,8 kWh يمكن تحويلها لتعمل على جهد شبكة 110 V أو 220 V دون الحاجة إلى تغيير التركيب الداخلي للمكواة.
(أ) كم هالة (HL) تتكلفها لكل ساعة تشغيل بسعر شغل : 0,08 SR/kWh

(ب) ما مقدار الطاقة التي تتحول إلى حرارة إذا وصلت المكواة وهي على وضع 110 V بطريق الخطأ على 220 V .

٢٩ - ٤٠ يدفع ميكانيكي لورشته شهرياً 51 SR كسعر أساسي و 0,08 SR/kWh لمعدل الاستهلاك ويبلغ متوسط الاستهلاك الشهري 1250 kWh. احسب :

(أ) تكلفة الشغل الكهربائي بالريال / شهر

(ب) سعر الطاقة بالريال لكل kWh.

٢٩ - ٤١ احسب للمنشآت التالية الاستهلاك الشهري للطاقة وتكلفة الطاقة الشهرية علماً بأن قيمة الحمل ومدة التشغيل وسعر الشغل الكهربائي كما يلي :

(أ) إضاءة إعلان 1200 W موصلة باستمرار 0,10 SR/kWh .

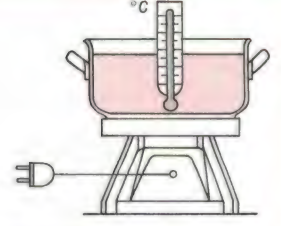
(ب) إضاءة الطريق 30 مصباحاً قدرة كل منها 500 W تضاء 50% منها لمدة 10 h يومياً بينما 50% الأخرى يومياً 4 h . (0,08 SR/kWh)

(ج) قاطرة كهربائية لخط حديدي في مصنع، متوسط تحميلها 0,4 MW في 24 يوماً علماً بأنها كانت تعمل لمدة 5 h يومياً . (0,06 SR/kWh)

(د) الاستهلاك المنزلي اليومي في 80 000 مسكن في مدينة كبيرة 2,5 kWh (0,07 SR/kWh) .

كمية الحرارة Q

إذا أريد رفع درجة حرارة الماء فإنه يجب إمداده بكمية حرارة Q.
وحدة كمية الحرارة هي : $1 \text{ Joule} = 1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$
وهي الطاقة اللازمة للتسخين بالواط ثانية.
 $1 \text{ J (جول)} = 1 \text{ Ws}$



4,18 Ws تسخن 1 g من الماء درجة حرارة واحدة 1 K (كلفن) أو 1°C .

وحدة كمية الحرارة: وتسمى بالسعة الحرارية النوعية c وكانت وحدة الكيلو كالوري (kcal) مستخدمة سابقاً:

$$1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal} = 4186 \text{ J} = 4,186 \text{ kJ}$$

ويلزم 1 cal لتسخين 1 g من الماء 1°C . تسخن كثير من المواد أسرع من الماء فهي تحتاج إلى قدر أقل من الواط ثانية لنفس الزيادة في درجة الحرارة. ويطلق على كمية الحرارة (Ws) التي تسخن 1 g من المادة 1°C السعة الحرارية النوعية c وتطبق العلاقة التالية على كل المواد:

$$Q = m \cdot \Delta\theta \cdot c$$

الوحدات : Ws, g, K, Ws/g K

السعة الحرارية النوعية c	الماء
4,18	1,00
0,92	ألومنيوم
0,46	فولاذ
0,39	نحاس
0,21	قصدير

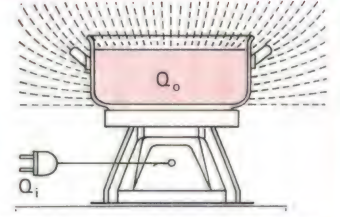
الحرارة المولدة من الكهرباء والكفاءة

تكون الطاقة الحرارية المستفادة من أجهزة التسخين الكهربائية دائماً أقل من الطاقة التي يجب أن يعطيا التيار. فكل عملية تسخين إذاً درجة كفاية حرارية:

$$Q_o = m \cdot \Delta\theta \cdot c \text{ (Ws, g, K, Ws/g K)} \text{ الطاقة المستفادة من الجهاز}$$

$$Q_i = P \cdot t \text{ (Ws, W, s)} \text{ الطاقة المعطاة}$$

$$\eta = \frac{Q_o}{Q_i}$$



$$m \cdot \Delta\theta \cdot c = P \cdot t \cdot \eta$$

$$(g, K, Ws/g K, W, s)$$

$$Q_o = Q_i \cdot \eta$$

مثال : احسب الزمن اللازم لكي يرفع مسخن غاطس درجة حرارة 31 من الماء 60 K (أي 60°C)

علماً بأن قدرته 0,5 kW ($\eta = 0,9$)

$$t = \frac{m \cdot \Delta\theta \cdot c}{P \cdot \eta} = \frac{3000 \text{ g} \cdot 60 \text{ K} \cdot 4,18 \text{ Ws/gK}}{500 \text{ W} \cdot 0,9} = 1672 \text{ s} \approx 28 \text{ min}$$

الحرارة في الموصلات الكهربائية

فقد القدرة في سلك نحاسي : $P_i = \Delta U \cdot I = I^2 \cdot R_{cu}$

القيمة النظرية لتسخين الموصل : $Q_i = P_i \cdot t$

التبريد الفوري : تسخن الموصلات الحاملة للتيار ، وكلما ازداد فرق درجة الحرارة عن الوسط المحيط زادت كمية الحرارة المفقودة من الموصل عن طريق التوصيل أو الحمل أو الإشعاع إلى أن يستقر الموصل عند درجة حرارة نهائية ثابتة ولا يجوز بأي حال من الأحوال أن يصاب عزل الموصل بأي تلف لذلك يختار الفني المتخصص شدة التيار المسموح بها طبقاً لقيم تم تحديدها بالخبرة كالتالي :

$$(1) \text{ للفائف يجب الانتباه إلى كثافة التيار } S = I \div A \text{ (انظر اللوحة ٢٣)}$$

(٢) لتركيبات المنازل تعطى الجداول طبقاً لتعليمات معينة ويفضل منها VDE 0100. يبين الجدول المعطى على اليمين موصلات النحاس من المجموعة 1 ويسمح بتأمين الموصلات ذات التبريد السريع من المجموعة 2 بمرتبة واحدة إلى أعلى أما موصلات الألومنيوم فيجب أن تؤمن بمرتبة واحدة إلى أسفل مع مراعاة التيارات الاسمية للأجهزة والحد الأصغر لمساحة المقطع وفقد الجهد وقدرة خط التغذية (انظر اللوحة ٥٨).

VDE* = اتحاد الفنيين الكهربائيين الألمان

المقاطع الاسمية والمصاهر للموصلات النحاسية للمجموعة 1 (مأخوذة من VDE 0100)	
A (mm ²)	I (A)
1,5	16
2,5	20
4	25
6	35
10	50
16	63
25	80
درجة حرارة الوسط المحيط حتى 25°C	

تمرينات

كمية الحرارة

٣٠- ١ مسخن يحتوي على 80 kg من الماء رفعت درجة حرارته بمقدار 72 K. أوجد زيادة كمية حرارة الماء بالجول.

٣٠- ٢ بردت 200 l (لتر) من ماء الاستحمام من 45°C إلى 36°C ، احسب الفقد بوحدة kJ أثناء ذلك في الوسط المحيط.

٣٠- ٣ يراد تسخين كميات المياه التالية من درجة الحرارة الابتدائية θ_1 إلى درجة الحرارة النهائية θ_2 . ماهي كمية الحرارة اللازمة Q بالجول (J=Ws).

الجهاز	θ_1 (°C)	θ_2 (°C)	m (kg \approx l)
أ) خزان ضغط	+15°	+85°	80 l
ب) مغطس (بانيو)	+10°	+37°	180 l
ج) استحمام بالدوش	+10°	+40°	45 l
د) ماء غسيل	+12°	+37°	8 l
هـ) غسالة كهربائية	+8°	+95°	60 l
و) ماء للقهوة	+18°	+100°	1 l

٣٠- ٤ يحتاج الثلج إلى حرارة انصهار قدرها 330 Ws/g والماء إلى حرارة تبخير قدرها 2260 Ws/g. ماهي كمية الحرارة اللازمة لصهر 2 kg من الثلج ثم تسخينها إلى 100°C ثم تبخيرها؟

٣٠- ٥ يراد تدفئة 60 m³ من الهواء في غرفة معزولة حرارياً تماماً من 12°C إلى 18°C (كثافة الهواء $\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$ و $q = 1,29 \text{ kg/m}^3$ والسعة الحرارية النوعية للهواء $c = 1 \text{ Ws/gK}$) ماهي كمية الحرارة المطلوبة؟

٣٠- ٦ تُسخّن 12 kg من الفولاذ ($c = 0,46 \text{ Ws/gK}$) من $\theta_1 = 18^\circ\text{C}$ إلى $\theta_2 = 250^\circ\text{C}$ بكم جول زادت كمية الحرارة للفولاذ؟

٣٠- ٧ تُسخّن 120 kg من زيت المحولات من 18°C إلى 45°C ($c = 1,7 \text{ Ws/gK}$) ماهي كمية الحرارة المأخوذة بواسطة الزيت؟

٣٠- ٨ كم كيلوجول تلزم لتسخين كاوية لحام من النحاس زنتها 80 g من 20°C إلى 320°C ($c = 0,39 \text{ Ws/gK}$).

٣٠- ٩ مسخن حمام جليبرين سعته 0,7 m³ ($c = 2,4 \text{ Ws/gK}$) رفعت درجة حرارته من 12°C إلى 80°C. احسب:

أ) وزن سائل الحمام ب) الزيادة في درجة الحرارة $\Delta\theta$ ج) الزيادة في كمية الحرارة.

٣٠- ١٠ ماهي كمية الحرارة بالجول التي تولدها مقاومة تسخين 2000 W إذا وصلت لفترات التشغيل التالية:

الزمن t	أ	ب	ج	د	هـ
	6 min	30 min	1 h	2 h	3 h

٣٠- ١١ كم تكلف 1000 J (جول) إذا كان سعر الطاقة 0,12 SR/kWh ولم يؤخذ الفقد الحراري في الاعتبار؟

٣٠- ١٢ تعطي منشأة تدفئة كهربائية في المتوسط 180 ميغاجول في اليوم على مدى عام.

أ) احسب كمية الحرارة المعطاة في شهر واحد. ب) احسب كمية الحرارة المعطاة في عام واحد. ج) كم كيلواط ساعة تكون مطلوبة عندئذ يومياً؟ د) ماهي قيمة الحمل المتوسطة (بدون أخذ الفقد في الاعتبار) عند تشغيل يومي لمدة 10 ساعات؟

ملاحظة: $10^3 \text{ J} = 1 \text{ كيلوجول} = 1 \text{ kJ}$

$10^6 \text{ J} = 1 \text{ ميغاجول} = 1 \text{ MJ}$

$10^9 \text{ J} = 1 \text{ جيغاجول} = 1 \text{ GJ}$

٣٠- ١٣ كم كيلواط ساعة نحتاجها (بدون أخذ الفقد في الاعتبار) لرفع درجة حرارة وعاء سعته 10 l مملوء تماماً بالماء من 14°C إلى 100°C؟

أجهزة التسخين ودرجة كفاءتها.

الحرارة المستفادة = التغذية الحرارية \times الكفاءة
 $m \cdot \Delta\theta \cdot c = P \cdot t \cdot \eta$

لا يمكن قياس كمية الحرارة Q مباشرة، بل يجب حسابها من كميات أخرى. ففي الصيغة الرياضية المذكورة أعلاه (انظر اللوحة ٣٠) عُوض بدلا من كمية الحرارة Q بكميات يمكن قياسها مباشرة. ونحل المسائل الناتجة من التطبيقات العملية لهندسة الحرارة الكهربائية غالبا عن طريق تبديلات بسيطة في تلك الصيغة.

مثال: احسب زمن التسخين اللازم لرفع درجة حرارة 80 l من الماء من 15°C إلى 85°C بواسطة مسخن مياه قدرته 6 kW وكفاءته 90% علماً بأن نسبة الفقد 10%.

الحل: $t = ? \text{ s}; \quad m = 80 \text{ 000 g};$

$p = 6000 \text{ W}; \quad c = 4,18 \text{ Ws/g K};$

$\eta = 0,9; \quad \Delta\theta = 85^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C} = 70 \text{ K};$

$t = \frac{m \cdot \Delta\theta \cdot c}{P \cdot \eta} = \frac{80 \text{ 000} \cdot 70 \cdot 4,18}{6000 \cdot 0,9} \text{ s} = 4334,8 \text{ s} \approx 72 \text{ min}$

ملاحظة: يمكن بواسطة المسطرة الحاسبة عمل ذلك التتابع العددي بدون تتبع خطوات العمل واستنباط النتيجة النهائية مباشرة.

٣٠- ١٤ تسخن غلاية سريعة كفاءتها 0,9 لترين من الماء في 6 min إلى درجة 90°C، احسب قيمة الحمل.

٣٠- ١٥ يسخن مسخن تدفق مستمر كفاءته 0,8 خمسة لترات من الماء في دقيقة واحدة من 12°C إلى 42°C. احسب قيمة الحمل.

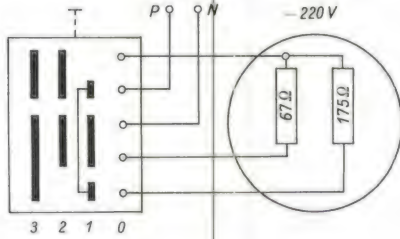
٣٠- ١٦ احسب كفاءة مسخن غاطس 2000 W/220 V يرفع درجة حرارة 8 l من الماء بمقدار 50°C في 15 min.

٣٠- ١٧ استعمل مسخن ماء لتسخين 150 l من الماء من 15°C إلى 85°C بكفاءة 90,5% في زمن قدره 8 h. احسب:

أ) الحرارة المستفادة Q_2 ب) الحرارة المعطاة Q_1 ج) الفقد الحراري بالجول $Q_1 - Q_2$ د) الشغل المبذول W بوحدة kWh هـ) قيمة الحمل P.

التحكم في الحرارة

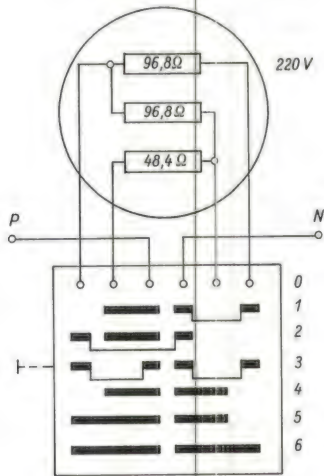
٣٠-٢٧ يتصل مسخن مسطح (طباخة) بدائرة ذات أربعة أوضاع للتشغيل. احسب لكل درجة من درجات التشغيل المختلفة قيمة المقاومة والتيار المسحوب والقدرة المستهلكة بالمسخن.



٣٠-٢٨ احسب لدائرة ذات أربعة أوضاع للتشغيل وموصلة على 220 V المقاومات المختلفة لمسطحي الطبخ (أ) و (ب):

٣	٢	١	
1200 W	866 W	240 W	(أ)
1800 W	1400 W	300 W	(ب)

٣٠-٢٩ يشغل موقد كهربائي بدائرة ذات 7 أوضاع تشغيل. احسب لمسطح الطبخ الموضح بالشكل كلاً من I و P و R لجميع أوضاع التوصيل.



٣٠-٣٠ احسب قيمة المقاومة لثلاث مقاومات مختلفة لدائرة ذات 7 أوضاع للتشغيل موصلة على 220 V عند درجات القدرة التالية:

150 W	(٢)	250 W	(٣)	375 W	(٤)
750 W	(٥)	1125 W	(٦)	1500 W	(٧)

٣٠-٣١ يتوقف التمدد الحراري للأجهزة المعدنية على كل من الزيادة في درجة الحرارة $\Delta\theta$ والطول l ومعامل التمدد α للمادة (الحديد $\alpha=0,00012 \text{ m/mK}$ ولألومنيوم $\alpha=0,00024 \text{ m/mK}$). تفصل المنظفات الحرارية دوائر التيار عن طريق تمدد المعادن. احسب التمدد في الطول Δl بالمليمتر والنسبة المئوية عند التسخين من 20°C إلى 220°C لقضيب معدني طوله 10 cm من المعادن التالية:

(أ) الحديد (ب) الألومنيوم.

٣٠-١٨ عين السعة الحرارية النوعية لسائل ما سخن 2 kg منه في إناء معزول تماماً ($\eta=1$) من 20°C إلى 60°C وقيس استهلاك الكهرباء على العداد فكان 94 Wh.

٣٠-١٩ اخذت قيم الحمل وأزمنة التسخين التالية من قائمة أسعار لمسخنات مياه سعة 120 l عند $(\Delta\theta=70^\circ\text{C})$ فكانت:

القدرة P	أ	ب	ج
1500 W	4500 W	6000 W	
8 h	2,5 h	2 h	

احسب الكفاية من تلك المعطيات.

٣٠-٢٠ احسب الوقت اللازم لكي يسخن مسخن غاطس 2000 W من زيت التزليق ($\eta=0,9$) من 10°C إلى 40°C ؟ ($c=1,7 \text{ Ws/gK}$, $\rho=0,9 \text{ kg/dm}^3$)

٣٠-٢١ يراد تسخين 30 kg من النحاس الأصفر CuZn 30 ($c=0,39 \text{ Ws/g K}$) في فرن كهربائي في 45 min من 14°C إلى 560°C حتى التلدين. احسب قيمة الحمل للكفاية 68%.

٣٠-٢٢ إذا مر تيار قدره $I=10 \text{ A}$ في مقاومة توال $R=12,5 \Omega$ لمدة 6 h. احسب مايلي:

(أ) كم تعطى المقاومة للحرارة في الساعة؟
(ب) كم يمكن تسخينها بواسطة هذه المقاومة إذا لزم 170 kJ لتسخين $1 \text{ m}^3/\text{h}$.

٣٠-٢٣ ما حجم المكان (m^3) الذي يمكن تسخينه بواسطة مصباح متوهج 100 W. إذا فرض أن 4% من قدرة المصباح تتحول إلى إشعاع ضوئي و 96% تستخدم للتسخين؟ (متطلبات التسخين 170 kJ لكل m^3 لكل ساعة).

٣٠-٢٤ يسخن مسخن في غسالة كهربائية سعتها 3 kg ذات أسطوانة دوارة 20 l من الماء في 40 min من 15°C إلى 95°C بفقد نسبته 20%. فإذا علم أن الجهد الإسمي 220 V احسب:
(أ) قيمة الحمل للقيمة التسخين (ب) التيار المسحوب للتسخين (ج) قيمة مقاومة التسخين

٣٠-٢٥ احسب الزيادة في درجة الحرارة لخزان مياه سعته 100 l (مقاومة لفيفة التسخين 10Ω والكفاية $=0,9$)
(أ) إذا كان زمن التسخين 40 min عند جهد قدره 220 V
(ب) إذا كان زمن التسخين 40 min عند جهد قدره 231 V
(ج) ماهي النسبة المئوية لزيادة الجهد ولزيادة قدرة التسخين؟

٣٠-٢٦ ماهو الوزن المسموح به لكأوية لحام من النحاس قدرتها 300 W ($c=0,39 \text{ Ws/gK}$) إذا أريد أن تسخن في 5 min من 20°C إلى 400°C مع وجود فقد حراري مقداره 25%. ملاحظة: يمكن تقدير الكفاية للأجهزة غير المعزولة حرارياً بطريقة تقريبية فقط.

الحرارة في الموصلات الكهربائية

٣٠ - ٣٢ مير تيار شدته 940 A في قضيب توصيل من النحاس طوله $l=4\text{ m}$ ومساحة مقطعه $A=500\text{ mm}^2$ ما هي كمية الحرارة التي يعطيها للوسط المحيط به في الساعة؟

٣٠ - ٣٣ حمل موضع اتصال قضيب ذي مقاومة تلامس $0,02\ \Omega$ بتيار 80 A.

(أ) كم جولاً تتولد كل ساعة؟

(ب) ما هو التأثير غير المرغوب فيه لحرارة المتولدة عند موضع الاتصال؟ وما هي النتائج المترتبة؟ وما هي المعلومات المستنتجة؟

٣٠ - ٣٤ وصلت لفيفة تسخين (قيمها 60 W/12 V) ببطارية 12 V (المقاومة الداخلية $0,2\ \Omega$) بموصل مزدوج الأسلاك $(2 \cdot 0,2\ \Omega)$.

(أ) ما هو مقدار مقاومة اللفيفة؟

(ب) ما هو مقدار التيار المار في توصيلة التوالي؟

(ج) ما هي القدرة التي تأخذها الأجزاء المختلفة؟

(د) ما هي كمية الحرارة الناتجة في الساعة في لفيفة التسخين وفي الموصل وفي البطارية؟

٣٠ - ٣٥ تضاعف تحميل التيار لموصل نحاسي، أي تغير بنسبة 1 إلى 2. ما هي النسبة العددية لتغير كل من:

(أ) كثافة التيار.

(ب) فقد الجهد في الموصل.

(ج) القدرة المأخوذة بالموصل النحاسي.

(د) كمية الحرارة المتولدة في الساعة.

٣٠ - ٣٦ يتغير تحميل التيار لموصل كما بالجدول. بين كيفية تغير القدرة المفقودة والحرارة المتولدة في الساعة؟

شدة التيار	قدرة الفقد	الحرارة المتولدة
(أ) I-3	P-9	Q/t-9
(ب) I-4	?	?
(ج) I-1,2	?	?
(د) I-10	?	?
(هـ) I÷2	?	?
(و) I÷5	?	?
(ز) اذكر الصيغ الرياضية الواجب استعمالها.		

٣٠ - ٣٧ تعتمد درجة الحرارة النهائية التي يصل إليها سلك موصل عند التشغيل المستمر على معدلي التسخين أو التبريد. فإذا أريد مضاعفة طول خط التغذية لحمل ما مع ثبات تحميل التيار:

(أ) بين كيفية تغير كل من: مقاومة الموصل وفقد الجهد والحرارة الناتجة؟

(ب) بين كيفية تغير كل من: مساحة سطح التبريد بالسلك ومقدار التبريد؟

(ج) ما هو تأثير كل من الفقرتين (أ) و (ب) معاً على درجة الحرارة النهائية لسلك الموصل؟

(د) بين كيفية تغير كثافة التيار S ؟

٣٠ - ٣٨ احسب مساحة سطح التبريد لموصل نحاسي مستدير المقطع طوله 10 m إذا كانت مساحة المقطع:

(أ) $1,5\text{ mm}^2$ (ب) 6 mm^2 (ج) قارن بين سطوح التبريد ومساحات المقطع.

٣٠ - ٣٩ احسب القيم الناقصة بالجدول لموصلين نحاسيين مستديري المقطع (طول كل منهما 56 m وموصلان بجهد قدره 6 V):

مساحة المقطع	1 mm ²	4 mm ²
(أ) قيمة المقاومة R	?	?
(ب) شدة التيار I	?	?
(ج) القدرة المعطاة P	?	?
(د) (جول في الساعة) Q/t	?	?
(هـ) قطر السلك d	?	?
(و) سطح التبريد A _s	?	?
(ز) كثافة التيار S	?	?

اشرح العلاقة التي تربط كلا من مساحة مقطع الموصل ومساحة سطح التبريد والحرارة الناتجة في الحالات المختلفة. ملاحظة: تقل كثافة التيار المسموح بها بزيادة مساحة مقطع الموصل، إذ إن مساحة سطح التبريد ($\sim \pi \cdot d$) لا تزيد بنفس نسبة الزيادة في مساحة مقطع الموصل ($\frac{\pi \cdot d^2}{4}$). كما تتوقف كثافة التيار المسموح بها أيضاً على نوع وشدة العزل بالموصل إلى جانب ظروف التركيب والتهوية باللفيفة.

مثال: يراد توصيل لفيفة التسخين لسخان ماء استحمام قدرته 4 kW عن طريق موصل مزدوج الأسلاك من غط NYA 2-12 m (نحاس من المجموعة 1) في أنبوية عزل بجهد قدره 220 V. اختر المصهر ومساحة مقطع الموصل طبقاً لتعليمات VDE 0100 (استخرج البيانات من الجدول) واختبر نسبة الفقد في الجهد إذا كان الفقد المسموح به هو 1,5% من 220 V.

الحل: $I = P \div U = 4\ 000\text{ W} \div 220\text{ V} = 18,2\text{ A}$; $I_N = 20\text{ A}$

$$(A=2,5\text{ mm}^2) \Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\pi \cdot A} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 12}{56 \cdot 2,5} V = 3,41\text{ V}$$

$$(A=4\text{ mm}^2) \Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\pi \cdot A} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 12}{56 \cdot 4} V = 2,14\text{ V}$$

٣٠ - ٤٠ اختر المصهر ومقطع الموصل (نحاس من المجموعة 1) مع فقد جهد قدره $\Delta U < 1,5\%$ لمائلي:

أ	ب	ج
قيمة الحمل	2 kW	3,5 kW
الجهد الإسمي	220 V	220 V
طول الموصل	2-12 m	2-20 m

٣٠ - ٤١ مسخن تدفق مستمر ذو ثلاث فتائل تسخين متصلة على التوازي طول كل منها 14,9 m (من معدن مقاومة RW 110 قطره 1,2 mm) يراد توصيله على 220 V لتسخين خمسة لترات من الماء كل دقيقة إلى 40°C ودرجة حرارة الماء عند الدخول 14°C. فإذا وصل الجهاز كحمل مفرد بموصل مزدوج الأسلاك NYA 2-8 m (نحاس من المجموعة 1)

احسب:

(أ) قيمة المقاومة (R_t) لجهاز التسخين.

(ب) قيمة الحمل المستهلك (P_t) بجهاز التسخين.

(ج) الكفاءة (η) لجهاز التسخين.

(د) قدرة الفقد (P_t) لجهاز التسخين.

(هـ) كثافة التيار (S) لسلك التسخين.

(و) التيار الإسمي (I_N) للمصهر.

(ز) مساحة المقطع القياسية (A_{Cu}) لخط التغذية.

(ح) الجهد المفقود (ΔU) في خط التغذية.

(ط) القدرة المفقودة (ΔP) في خط التغذية.

التحليل بالكهرباء

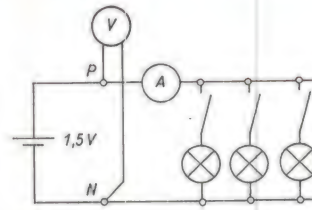
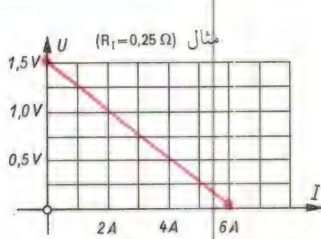
في المحاليل المائية تسري المعادن وغاز الهيدروجين في اتجاه التيار الكهربائي بينما تسري باقي المواد في اتجاه مضاد. وترداد الكمية المترتبة عند القطب مع زيادة التيار I والزمن t والمكافئ الكيميائي الكهربائي للمادة (انظر الجدول).

mg/As	g/Ah	a* لمعدن :
0,180	0,65	الكروم
0,304	1,09	النيكل
0,329	1,18	النحاس
1,118	4,02	الفضة

$a^* = \text{المكافئ الكيميائي الكهربائي}$

أو s, A, mg	الوحدات h, A, g	$m = I \cdot t \cdot a$
-------------	-----------------	-------------------------

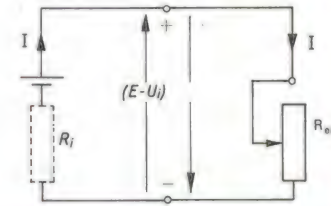
القوة الدافعة الكهربائية ق. د. ك. (e.m.f.) وجهد الأطراف



موجب	+0,80	فضة
التأين	+0,74	كربون
	+0,34	نحاس
e.m.f.	0	هيدروجين
	-0,13	رصاص
سالب	-0,44	حديد
التأين	-0,76	خارصين

تكون أي مادتين موصلتين يصل بينهما سائل منبعا للجهد، وفي داخل هذا المنبع يدفع جهد المنبع أو ق. د. ك. (القوة الدافعة الكهربائية E) التيار من القطب السالب (N) إلى القطب الموجب (P). ويدفع جهد الأطراف U التيار المار بالحمل في الخارج من P إلى N. وعندما تكون المفاتيح مفصولة يقاس الجهد كجهد اللاحمل (دائرة مفتوحة) $U_o = E$. ويقل U عند توصيل الدائرة وعند مرور تيار قصر الدائرة I_{sh} يكون $U=0$ (انظر المنحنى البياني). والسبب في ذلك هو فقد الجهد $U_i = I \cdot R_i$ في داخل المنبع.

جهد الأطراف	$U_{term} = U_o - I \cdot R_i$	$U_{term} = U_o - U_i$
المقاومة الداخلية	$R_i = \frac{U_o - U_{term}}{I}$	$R_i = \frac{U_i}{I} = \frac{U_o}{I_{sh}}$
تيار التحميل	$I = \frac{U_o}{R_i + R_{ex}}$	$I = \frac{U_{term}}{R_{ex}} = \frac{U_i}{R_i}$



دوائر توصيل البطاريات

- (١) يسمى ضم مجموعة خلايا منفصلة في منبع واحد للجهد بالبطارية.
- (٢) وتحدد ق. د. ك. (e.m.f.) و R_i و U_{term} لبطارية ما حسب توصيل الدائرة (انظر اللوحات ٢١ و ٢٢ و ٢٣).
- (٣) المنابع ذات الجهود المتساوية فقط هي التي يمكن توصيلها على التوازي ولا تولد تيار تعادل خلال R_i .
- (٤) تؤثر المقاومة الداخلية (النوع وحالة الشحن ودرجة الحرارة) على توزيع التيار.

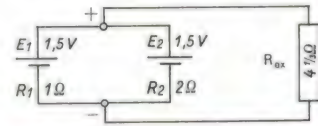
$$R_i = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1 \cdot 2}{1 + 2} = \frac{2}{3} \Omega$$

$$I = E \div (R_i + R_{ex}) = 0,3 \text{ A}$$

$$U_i = I \cdot R_i = 0,3 \cdot 2/3 = 0,2 \text{ V}$$

$$I_1 = U_i \div R_1 = 0,2 \div 1 = 0,2 \text{ A}$$

$$I_2 = U_i \div R_2 = 0,2 \div 2 = 0,1 \text{ A}$$



حساب المراكم (مثال)

جهد خلايا المراكم الرصاصية

إذا أريد تغذية شبكة بجهد قدره 120 V وبتيار شدته 60 A من مركم رصاصي (لبيانات U انظر المنحنى الخاصي)، لمدة 9 ساعات يوميا، وطبقا لمعطيات المصنع يكون زمن شحن المركم أكثر من 5 ساعات وكفاية الأمبير ساعة أكبر من 0,9. احسب :

$$n = U_2 \div U_E = 120 \div 1,8 = 67 \text{ (خلية)}$$

$$U_1 = n \cdot U_{ch} = 67 \cdot 2,7 = 181 \text{ V}$$

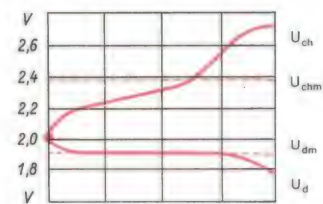
$$K_2 = I_2 \cdot t_2 = 60 \cdot 9 = 540 \text{ Ah}$$

$$K_1 = K_2 \div \eta_{Ah} = 540 \div 0,9 = 600 \text{ Ah}$$

$$I_1 = K_1 \div t_1 = 600 \div 5 = 120 \text{ A}$$

$$\eta_{Wh} = \eta_{Ah} \cdot U_{dm} \div U_{chm} \approx 0,9 \cdot 1,9 \div 2,4 = 0,71$$

عدد الخلايا
الجهد الأقصى للشحن
السعة
الطاقة المأخوذة في الشحن
تيار الشحن المتوسط
الكفاية



100% → زمن الشحن (أو التفريغ)

مثال : كم mg من الفضة تنفصل من محلول نترات الفضة عندما يمرر به تيار $I=15\text{ A}$ في زمن قدره $t=20\text{ min}$.
الحل :

$$I=15\text{ A}; t=1200\text{ s}; a=1,118\text{ mg/As}$$

$$m=I \cdot t \cdot a=15 \cdot 1200 \cdot 1,118\text{ mg}=20124\text{ mg}$$

٣١ - ١ احسب الزمن اللازم لكي ينفصل 2 kg من النحاس عند مرور تيار $I=200\text{ A}$ في محلول كبريتات النحاس؟
٣١ - ٢ يلزم تغطية لوح من الرصاص مساحة سطحه الكلية 30 dm^2 بطبقة من الكروم سُمكها $0,02\text{ mm}$ بالترسيب الكهربائي . احسب :

أ (قيمة التيار $I(\text{A})$ إذا أريد تغطيته بالكروم باستخدام كثافة تيار متوسطة 5 A/dm^2
ب) وزن طبقة الكروم ($\rho=7,1\text{ g/cm}^3$)
ج) زمن التشغيل بالدقائق إذا كان $a=0,18\text{ mg/As}$

٣١ - ٢ إذا لزم تغطية 800 قطعة معدنية مشكلة بالكبس (انظر الأبعاد بالرسم) بطبقة نيكل سُمكها $10\text{ }\mu\text{m}$ ($\rho=8,85\text{ g/cm}^3$) . وكانت كثافة التيار السطحية 3 A/dm^2 وحدث فقد في التيار قدره 20% (لتحلل الماء والتسخين) . احسب :
أ (شدة التيار اللازمة

ب) الوزن الكلي لطبقات النيكل بالجرام
ج) زمن التشغيل بالساعات والدقائق
٣١ - ٤ ما مقدار جهد الدائرة المفتوحة عند التوصيل الإلكتروني للموصلات التالية :

$U_0(\text{V})$	القطب الموجب	القطب السالب
أ (فضة	نحاس	؟
ب) نحاس	رصاص	؟
ج) نحاس	حديد	؟
د) رصاص	حديد	؟
هـ) نحاس	زنك	؟
و) كربون	نحاس	؟

٣١ - ٥ احسب تيار قصر الدائرة في حالة :

منع الجهد	$R_i(\Omega)$	$U_0(\text{V})$
أ (خلية جافة	$0,3\text{ }\Omega$	$1,5\text{ V}$
ب) خلية جافة	$0,1\text{ }\Omega$	$1,5\text{ V}$
ج) خلية مرم فولاذي	$20\text{ m}\Omega$	$1,2\text{ V}$
د) خلية مرم رصاصي	$1\text{ m}\Omega$	$2,0\text{ V}$
هـ) 10 خلايا (كما في ب) على التوالي		
و) 60 خلية (كما في د) على التوالي		

٣١ - ٦ أوجد من المنحنى الخصائص بين I و U في اللوحة (٣١) جهد الأطراف عند التحميل التالي :

أ (دائرة مفتوحة ب) تيار قدره 1 A ج) تيار قدره 2 A
د) تيار قدره $2,5\text{ A}$ هـ) تيار قدره 6 A

٣١ - ٧ ارسم المنحنى الخصائص بين I و U

($1\text{ cm} \approx 1\text{ A}/0,2\text{ V}$) لما يلي :

أ (خلية جافة $1,5\text{ V}/0,1\text{ }\Omega$ ب) بطارية من خليتين على التوالي .
ج) بطارية من خليتين على التوالي .

٣١ - ٨ احسب R_i لبطارية جافة يهبط جهد السكون فيها وهو 24 V عند التحميل بتيار $I=0,25\text{ A}$ إلى $U=20\text{ V}$ لتوصيلات البطاريات انظر أيضا اللوحات (٢٦) و (٢٧) و (٢٨) .

٣١ - ٩ احسب التوصيلات التالية لمركم رصاصي مكون من 24 خلية رصاصية ، القيم الاسمية لكل منها هي :
 $E=2\text{ V}; R_i=0,02\text{ }\Omega; I_N=9\text{ A}$ (التيار المسموح به للخلية الواحدة):

التوصيل	$U_0(\text{V})$	$R_i(\Omega)$	$I_N(\text{A})$	U_{term} عند I_N
أ (24 خلية موصلة كلها على التوالي	?	?	?	?
ب) 12 خلية توال 2 على التوازي	?	?	?	?
ج) 8 خلايا توال 3 على التوازي	?	?	?	?
د) 6 خلايا توال 4 على التوازي	?	?	?	?
هـ) 4 خلايا توال 6 على التوازي	?	?	?	?
و) 3 خلايا توال 8 على التوازي	?	?	?	?
ز) 2 خلية توال 12 على التوازي	?	?	?	?
ح) 24 خلية موصلة كلها على التوازي	?	?	?	?

٣١ - ١٠ عرّف القدرة التي يمكن أن تعطى بطارية .
أ (أكمل الجدول التالي لبطارية ذات ست خلايا مقاومتها الكلية $R=1,5\text{ }\Omega$ وجهد الكلي $U_0=9\text{ V}$.

$R_i(\Omega)$	$R_{\text{ex}}(\Omega)$	$I(\text{A})$	$U_i(\text{V})$	$U_{\text{term}}(\text{V})$	$P_o(\text{W})$
1,5	∞	0	0	9	0
1,5	7,5	1	1,5	7,5	7,5
1,5	3,0	?	?	?	?
1,5	1,5	?	?	?	?
1,5	0,75	?	?	?	?
1,5	0,3	5	7,5	1,5	7,5
1,5	0	6	9	0	0

ب) قارن بين R_i و R_{ex} عند أقصى قدرة معطاة .
ج) اوجد للفقرة ب) النسبة المئوية للفقد في الجهد والقدرة .
٣١ - ١١ تعمل بطارية ($R_i=0,85\text{ }\Omega$) وبطارية ثانية ($R_i=0,55\text{ }\Omega$) على التوازي ولهما ق. د. ك متساوية ويعطيان للشبكة معا 12 A . احسب التيارين الفرعيين I_1 و I_2 المحملين على البطاريتين .

٣١ - ١٢ يغذي مركم رصاصي (سعته 27 Ah) ليلا ونهارا مرحل دائرة مقفولة بشدة تيار متوسطة 45 mA . بعد كم ساعة يجب أن يشحن المركم؟

٣١ - ١٣ يستعمل مركم $220\text{ V}/90\text{ Ah}$ لتشغيل مجموعة إضاءة طوارئ مكونة من 33 مصباحا متوهجا $220\text{ V}/40\text{ W}$. بعد كم ساعة إضاءة للمصابيح تستنفذ شحنة المركم؟

٣١ - ١٤ لمركبة كهربائية القيم المتوسطة التالية :

القدرة $1,5\text{ kW}$ والجهد 40 V والكفاءة 80% وسرعتها $12,5\text{ km/h}$ احسب :

أ (عدد خلايا المركم الرصاصي ($U_i \approx 2\text{ V}$)

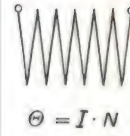
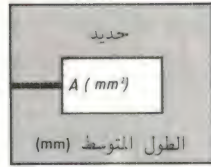
ب) سعة البطارية اللازمة للسير لمسافة 50 km .

ج) وزن البطارية إذا لزم لكل kWh وزن قدره 40 kg .

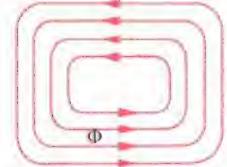
٣١ - ١٥ احسب كما في مثال اللوحة (٣١) أهم القيم لمركم رصاصي ثابت الموقع مغذى من شبكة تعمل على 220 V بتيار 50 A لمدة 8 h يوميا (زمن الشحن أكثر من 6 h وكفاية الأمبير ساعة $\eta_{\text{Ah}} > 0,9$) . كم خلية يجب جعلها قابلة للتحميل والفصل لمكانية استمرار التشغيل شحنا وتفريغا في نفس الوقت؟

كميات القياس المغنطيسية

يزداد المجال المغنطيسي بزيادة
الإثارة الكهربائية (أمبيرلفات)
I·N وزيادة الموصلية لمسار
خطوط المجال .



$$\Theta = I \cdot N$$



المجال المغنطيسي :	الإثارة :	التوصيل المغنطيسي :
التدفق المغنطيسي Φ	الوصلية Θ Linkage	الموصلية المغنطيسية Λ
(تنطق : فاي Phi) المجال المغنطيسي الكلي ميكرو فولت ثانية = μVs	(تنطق : ثيتا) التيار المغنطيسي المؤثر أمبير A	(تنطق : لامدا Lambda) حصيلة المغنطيس / أمبير μH (Henry) = μVs/A ميكرو فولت ثانية أمبير = ميكرو هنري
كثافة التدفق B	شدة المجال H	الإنفاذية μ (تنطق ميو)
التدفق خلال وحدة المساحة T (Tesla) = μVs/mm²	الإثارة لوحدة المسافة أمبير لكل مم A/mm	الموصلية (ميو) معامل المادة μ _r μ ₀ = 1/800 μH/mm

$$\Lambda = \frac{\Phi}{\Theta}$$

قارن ذلك مع :
G = I ÷ U

$$\mu = \frac{B}{H}$$

انظر المنحنى الخصائصي
بين كثافة التدفق B
وشدة المجال H.

$$\Lambda = \frac{\mu \cdot A}{l}$$

$$\Theta = H \cdot l$$

$$\Phi = B \cdot A$$

عند كثافة منتظمة ومساحة A عمودية على المجال .
تستخدم فقط عندما يكون كل من الوسط الموصل (حديد أو هواء)
والمقطع ثابتين وإلا فيطبق التوصيل على التوالي ، كما في اللوحة (٣٣) .

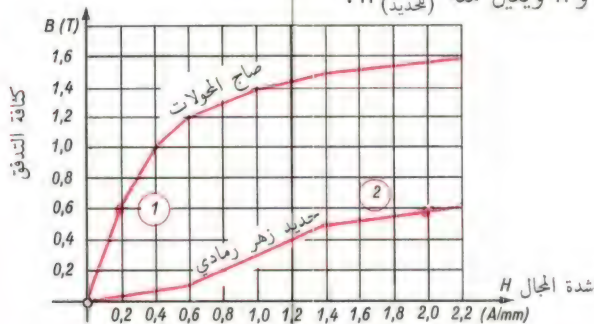
1 و وير Weber = 1 فولت ثانية (Vs) . يولد التغير في المجال في 1Vs في الثانية في كل لفة من لفات ملف للقياس نبضة جهد قدرها 1V .

المنحنى الخصائصي بين كثافة التدفق B وشدة المجال H للحديد

يمكن الحصول على كثافة التدفق المطلوبة B في الهواء بواسطة
الإثارة التالية لكل mm من طول المسار في الهواء :

$$H_{air} = \frac{B}{\mu_0} = \frac{B}{1/800} = B \cdot 800 \left(\frac{A}{mm} \cdot T \cdot \frac{\mu H}{mm} \right)$$

تأثر الإنفاذية المغنطيسية μ للحديد بكثافة التدفق B
(التشبع) ، وتستبدل μ من خلال المنحنى الخصائصي بين B
و H ويعين منه (للحديد) H :



مثال : يلزم لكثافة تدفق قدرها 0,6T في صاج المحولات
(المنحنى الخصائصي رقم ①) إثارة قدرها 0,2 A/mm
وفي حديد الزهر (المنحنى الخصائصي رقم ②) :
0,2 A/mm ، وفي الهواء :
H = 0,6 μVs/mm² · 800 A/mm/μVs = 480 A/mm

كثافة التدفق وتأثير القوة

يمكن قياس كثافة التدفق B
بواسطة جهاز قياس المجال
قوة التحميل (الجذب) :

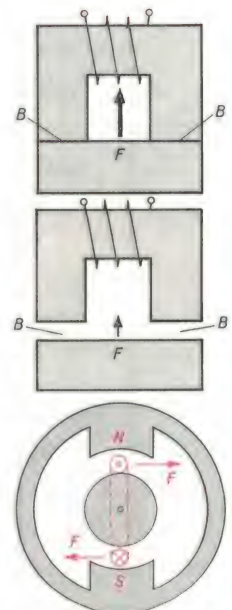
$$F = B^2 \cdot A_{eff} \cdot 0,4$$

الوحدات : N, T, mm²
المساحة الفعالة
للأقطاب (هنا سطحان)
قوة الشد :

تستعمل نفس الصيغة الرياضية
السابقة إلا أنه بسبب الثغرة
الهوائية تكون قيم كل من B و F
أقل كثيرا . (انظر اللوحة ٣٣) .
قوة الدوران :

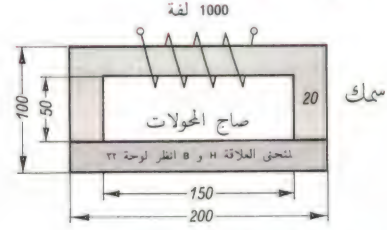
$$F = B \cdot I \cdot l_{eff}$$

الوحدات : N, T, A, m
الطول الفعال للموصل
(جميع أطوال الموصل تحت
سطوح الأقطاب)



تمرينات

مثال : لنعتبر أن كثافة المجال المغنطيسي في قلب حديدي مقفل مستطيل الشكل متساوية تقريبا في كل جزء (إذا أهملنا الأركان والكثافة العالية لخطوط المجال الأقصر) يمر المسار المتوسط لخطوط المجال بالتقريب في وسط القلب الحديدي . وتنطبق هنا جميع الصيغ الرياضية المغنطيسية السابق ذكرها .



احسب بواسطة تيار إثارة قدره $I = 100 \text{ mA}$:

- وصلية التدفق (A) Θ
- الطول المتوسط للقلب الحديدي $l \text{ (mm)}$
- شدة المجال $H \text{ (A/mm)}$
- كثافة التدفق $B \text{ (T)}$
- الإنفاذية $\mu \text{ (μH/mm)}$
- المساحة المستعرضة لمجال المغنطيس $A \text{ (mm}^2\text{)}$
- التدفق المغنطيسي $\Phi \text{ (μVs)}$
- المواصلة المغنطيسية $\Lambda \text{ (μH)}$

الحل :

$$\Theta = I \cdot N = 0,1 \text{ A} \cdot 1000 = 100 \text{ A}$$

- يمكن إيجاد الطول l من الصيغة الرياضية :
(الطول الخارجي + الطول الداخلي) $\div 2$

$$l = (200 + 100 + 150 + 50) \text{ mm} \cdot 2 \div 2 = 500 \text{ mm}$$

$$H = \Theta \div l = 100 \text{ A} \div 500 \text{ mm} = 0,2 \text{ A/mm}$$

- B (للقمة H من المنحنى الخصائصي رقم 1 باللوحة ٢٢) $0,6 \text{ T}$

$$\mu = B \div H = 0,6 \text{ T} \div 0,2 \text{ A/mm} = 3 \text{ μH/mm}$$

$$\mu_r = \mu \div \mu_0 = 3 \div 1 / 800 = 2400;$$

$$A = (100 - 50) \text{ mm} \div 2 \cdot 20 \text{ mm} = 500 \text{ mm}^2$$

$$\Phi = B \cdot A = 0,6 \text{ T} \cdot 500 \text{ mm}^2 = 300 \text{ μVs}$$

$$\Lambda = \frac{\mu \cdot A}{l} = \frac{3 \cdot 500}{500} \text{ μH} = 3 \text{ μH} \quad \text{أو} \quad \Lambda = \Phi / \Theta = 300 \text{ μVs} \div 100 \text{ A} = 3 \text{ μH}$$

مقدمة عن هندسة التيار المتردد : حثّة الملف (L) هنري $L = N^2 \cdot \Lambda = 3$ $X_L = \omega \cdot L = 942 \Omega$ عند 50 Hz

- احسب للمغنطيس المذكور فيما سبق قوة التحميل (الجذب) عند سطحي القطبين بالقيم التالية لشدة التيار :

شدة التيار	شدة المجال	كثافة التدفق	القوة
I (mA)	H (A/mm)	B (T)	F (N)
100 mA	0,2 A/mm		144 N
200 mA	?		?
400 mA	?		?

ارشادات : $F = B^2 \cdot A_{\text{eff}} \cdot 0,4$ تستنتج كثافة التدفق B من المنحنى الخصائصي رقم ① عند $H = I \cdot N / l$

- إذا أثير ملف حلقي مقفل بدون قلب حديدي ، القطر المتوسط لحلقاته $d_m = 10 \text{ cm}$ وعدد اللفات 250 لفة وقطر كل منها $d_1 = 2 \text{ cm}$ بواسطة تيار $I = 1,25 \text{ A}$. احسب جميع القيم من (أ) إلى (ح) كما في المثال أعلاه .

٣-٢ احسب القيم الناقصة :

التدفق المغنطيسي	المساحة	كثافة التدفق
$\Phi \text{ (μVs)}$	المستعرضة	B (T)
	للمجال $A \text{ (mm}^2\text{)}$	
أ) 7 200 μVs	5 930 mm ²	?
ب) 6 000 μVs	?	0,22 T
ج) ?	11300 mm ²	0,53 T
د) 0,92 μVs	60 mm ²	?
هـ) ?	d = 150 mm	1,0 T
و) 1600 μVs	38 mm · ? mm	1,5 T

٣٢-٤ ما مقدار الوصلة للملفات المغنطيسية التالية :

- أ) 120Ω و 4 500 لفة وموصل على 110 V .

- ب) 30Ω و 750 لفة وموصل على 220 V .

- ج) 66Ω و 2450 لفة وموصل على 24 V .

٣٢-٥ احسب للمجالات المغنطيسية ذات الموصلات وكثافة المجال الثابتة ما يلي :

الوصلية	مسار خطوط	شدة المجال
$\Theta \text{ (A)}$	المجال $l \text{ (mm)}$	H (A/mm)
أ) 1200 A	500 mm	?
ب) ?	300 mm	0,6 A/mm
ج) ?	420 mm	80 A/mm
د) 450 A	?	0,5 A/mm
هـ) ?	640 mm	2,2 A/mm

٣٢-٦ اوجد القيم الناقصة من المنحنى الخصائصي بين B و H باللوحة (٢٢) :

بيانات المادة	كثافة التدفق	شدة المجال
(من المنحنى الخصائصي)	B (T)	H (A/mm)
أ) صاج المحولات	0,8 T	?
ب) صاج المحولات	?	1,4 A/mm
ج) الهواء	0,1 T	?
د) الهواء	?	6,4 A/mm
هـ) حديد الزهر الرمادي	?	1,2 A/mm
و) حديد الزهر الرمادي	0,2 T	?

٣٢-٧ مغنطيس خاص بجهاز وقاية يعمل بالتيار المستمر له ثلاثة سطوح مؤثرة للأقطاب في وضع الفصل :

$$10 \text{ mm} \cdot 20 \text{ mm}, 20 \text{ mm} \cdot 20 \text{ mm}, 10 \text{ mm} \cdot 20 \text{ mm}$$

اوجد القيمة اللازمة لكثافة التدفق في الشجرة الهوائية إذا لزم شد المغنطيس :

- أ) بقوة شد قدرها 5 N ب) بقوة شد قدرها 20 N .

٣٢-٨ كثافة التدفق بين حذاء القطب وعضو الإنتاج في محرك يعمل بالتيار المستمر هي 0,6 T .

- أ) ماهي قوة الإدارة التي تؤثر على موصل عضو الإنتاج (الطول داخل مجال القطب = 18 cm) عندما يمر فيه تيار قدره 25 A ؟

ب) احسب قوة الإدارة لأربعة أقطاب لكل منها 45 موصلا .

٣٢-٩ يشد الملف المتحرك الحامل للتيار لمجموعة قياس (80 لفة طول كل منها 2,25 mm في ثغرة هوائية 0,3 T) النابض المؤثر بقوة محيطية 0,013 N . احسب شدة التيار (I) .

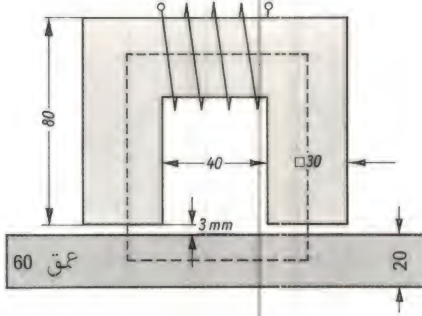
التوصيل المغنطيسي على التوالي

يقسم المسار إلى أطوال جزئية كل منها ذي مقطع منتظم ويلزم لذلك :
(أ) مساحة المقطع والمنحنى الخصائفي بين B و H والطول المتوسط للمسار لكل طول جزئي .
(ب) كثافة التدفق المغنطيسي المطلوبة B عند موضع ما .

تجرى حسابات الدوائر المغنطيسية ذات المواد والمقاطع المختلفة كأنها توصيل مغنطيسي على التوالي . ويكون التدفق $\Phi = B \cdot A$ متساويا في جميع الأجزاء . وتحسب كل وصلية $\Theta = H \cdot l$ منفردة ثم تجمع كلها معا .

كميات القياس	Φ	A	B	H	l	Θ	I · N
الحساب	$\Phi = B \cdot A$	معلوم	$B = \Phi \div A$	المنحنى الخصائفي	معلوم	$\Theta = H \cdot l$	$\Theta_t = \Theta_1 + \Theta_2 \dots$
الثغرة الهوائية		A_1	B_1		l_1		؟ {
قلب المغنطيس		A_2			l_2		
الحافظة		A_3			l_3		

يبين الجدول خطوات الحساب . ويمكن إيجاد الطول المتوسط للمسار l بواسطة رسم تخطيطي . اختر مقطع الهواء بحيث يكون أكبر من سطح القطب . أما للقلوب ذات الرقائق فيستخدم مقطع الحديد فقط . يهمل هنا تسرب التدفق (التشتت) الموازي لحافظة .



مثال : أوجد الوصلية اللازمة للدائرة المغنطيسية المبينة بالشكل لكثافة تدفق قدرها 0,72 T في الثغرة الهوائية .

يتبع القلب المكون من صاج المحولات المنحنى الخصائفي في اللوحة (٣٢) . (معامل الحيز 1 أي 100% حديد)

تتبع الحافظة المصنوعة من حديد الزهر الرمادي المنحنى الخصائفي في اللوحة (٣٢) .

مساحة مقطع الثغرة الهوائية $\approx 10 \text{ cm}^2$ (عندما تكون مساحة الأقطاب 9 cm^2).

الحل : المسار في الهواء : $2 \cdot 3 \text{ mm} = 6 \text{ mm}$

المسار في القلب : $(l_{ex} + l_{in}) \div 2 = 200 \text{ mm}$

المسار في الحافظة : $90 \text{ mm} = \text{البعد بين الأقطاب} + (10 + 10) \text{ mm}$

المسافات الجزئية	Φ (μVs)	A (mm ²)	B (T)	H ($\frac{A}{\text{mm}}$)	l (mm)	Θ (A)	Θ_t (A)
الثغرة الهوائية	720	1000	0,72	576	6	3456	3700 ≈ {
القلب المغنطيسي	720	900	0,80	0,3	200	60	
الحافظة	720	1200	0,60	2,0	90	180	

A_1 = مساحة مقطع السلك (mm²)

U = الجهد المستمر (V)

l_m = الطول المتوسط للفة (m)

$$A_1 = \frac{\Theta \cdot l_m}{U \cdot \eta}$$

A_{coil} = مساحة مقطع اللفة (mm²)

S = كثافة التيار (A/mm²)

f_{cu} = معامل الحيز للنحاس

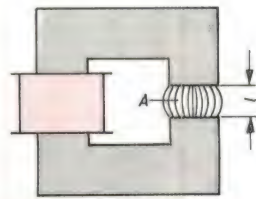
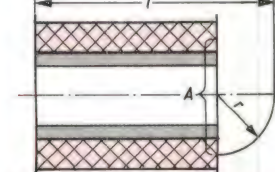
$$A_{coil} = \frac{\Theta}{S \cdot f_{cu}}$$

الحسابات المبسطة للمغنطيس

(١) يبين المثال السابق أنه للمغنطيسيات الكهربائية ذات القلوب الحديدية غير المتشعبة وبها أكثر من 2% من المسار في الهواء يسمح بإهمال المسار في الحديد ، وبحسب المجال في الثغرة الهوائية فقط .

(٢) يهمل المجال الخارجي للمغنطيسيات ذات القلوب الهوائية التي يكون طولها أكبر من قطرها ، وبحسب فقط المجال الداخلي ذو الكثافة الأكبر بطول قدره $l \approx$ الطول الداخلي + نصف قطر اللفة (سبب الانتقال عند القطب) .

تحقق من أنه عندما تكون المساحة الخارجية $A = 1 \text{ m}^2$ والمساحة الداخلية $A = 10 \text{ m}^2$ تكون النسبة بينهما $\frac{B_{in}}{B_{ex}} = \frac{1000}{1}$ (داخلي) / (خارجي)



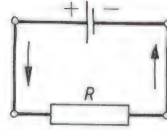
(٣) يجرى الحساب في كلتا الحالتين في الهواء باستعمال الصيغة $\mu_0 = 1/800 \text{ μH/mm}$ وباستعمال أبعاد المسارات الرئيسية :

$\Theta = B \cdot l \cdot 800$	$B = \frac{I \cdot N}{l \cdot 800}$	$\Lambda = \frac{A}{l \cdot 800}$
(A, T, mm)	(T, A, mm)	(μH, mm ² , mm)

تمرينات

التوصيل المغنطيسي على التوالي

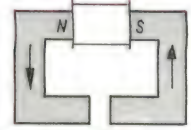
مقارنة بين الدائرة المغنطيسية والدائرة الكهربائية



تساوي شدة التيار I

في جميع الأجزاء

$$U = U_R + U_{cond}$$



يتساوى التدفق المغنطيسي Φ

في جميع الأجزاء

$$\Theta = \Theta_{air} + \Theta_{iron}$$

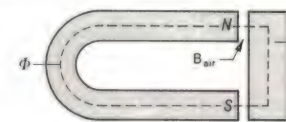
٣٣ - ١ يقطع مسار خطوط المجال في المغنطيس المبين بالشكل السابق المسافة 299 mm في صاج المحولات (أنظر اللوحة ٣٢ للمنحنى الخاصي)، والمسافة 1 mm في الثغرة الهوائية باعتبار المساحة المستعرضة A للمجال متساوية في جميع الأجزاء. ما مقدار وصلية التدفق Θ اللازمة لكثافة تدفق قدرها 0,8 T؟

ارشاد للحل:

المجموع	Θ (A)	I (mm)	H (A/mm)	B (T)
هواء	?	1	?	0,8
حديد	?	299	?	0,8

٣٣ - ٢ ما هي وصلية التدفق التي يحتاجها نفس المغنطيس السابق لكثافة تدفق قدرها: أ) 1,2 T ب) 1,5 T ج) 1,6 T. إذا صغرت المساحة المستعرضة للمجال فإن كثافة التدفق B يجب أن تصبح أكبر لنفس التدفق Φ . احسب الكميات المجهولة بالجدول لمغنطيس حذوة الحصان المبين بالشكل:

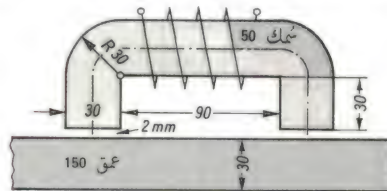
Φ (μ Vs)	A (mm^2)	B (T)
?	600 mm^2	1 T
?	400 mm^2	?
?	1000 mm^2	?



حافطة
(أهل تراب)
التدفق

٣٣ - ٤ احسب قيم Φ و B في الثغرة الهوائية لنفس المغنطيس السابق عند: أ) 0,25 T ب) 1,5 T ج) 0,7 T د) 1,1 T. ٣٣ - ٥ يراد رفع قطعة من حديد الزهر (انظر المنحنى الخاصي في اللوحة ٣٢) بمغنطيس رافع من صاج المحولات (معامل الحيز 1، للمنحنى الخاصي أنظر اللوحة ٣٢) عبر ثغرتين هوائيتين كل منهما 2 mm (كثافة التدفق في الهواء 1,0 T) وتقدر المساحة المستعرضة في الهواء بمقدار 1800 mm^2 .

احسب:



أ) قوة الشد (ضعف المساحة المستعرضة في الهواء)
ب) وصلية التدفق الكلية Θ (على شكل جدول)
ج) مساحة مقطع الليفة ($S = 2 A/mm^2$; $f_{cu} = 0,8$) قطر
السلك ($U = 60 V$; $I_m = 0,27 m$) والمقاومة R وعدد لفات الملف N.

الدوائر المغنطيسية البسيطة

احسب الثغرات الهوائية أو المسافات الداخلية للسلفات ذات القلب الهوائي (وتساوي تقريباً هنا الطول الداخلي + نصف القطر).

٣٣ - ٦ مغنطيس حماية (الطول المتوسط في الحديد 200 mm) يشد عبر ثغرتين هوائيتين (كل منهما 4 mm) وتشار لفيفته (عدد لفاتها 1600 لفة) بواسطة تيار I قدره 400 mA.

احسب:

أ) شدة المجال H (الإثارة بشغرة هوائية 1 mm) ب) كثافة التدفق B في الثغرة الهوائية ج) قوة الشد السطحي لقطبين مساحة كل منهما 400 mm^2 .

٣٣ - ٧ يراد أن يقوم مغنطيس حماية - يثار بالتيار المستمر - بالشد بقوة 10 N عبر ثغرتين هوائيتين (كل منهما 6 mm ومساحة سطح القطب لكل منهما 200 mm^2).

احسب:

أ) كثافة التدفق اللازمة في الثغرة الهوائية ب) شدة المجال المصاحبة (الإثارة لثغرة 1 mm) ج) وصلية التدفق (قيمة الأمبيرلفة).

٣٣ - ٨ يراد أن تشد حافطة مرحل عبر ثغرة هوائية طولها 5 mm بكثافة تدفق 0,15 T. احسب:

أ) وصلية التدفق اللازمة. ب) مساحة مقطع الليفة

$$(S = 3 A/mm^2; f_{cu} = 0,8)$$

ج) مساحة مقطع السلك ($U = 12 V$; $I_m = 0,08 m$)

د) مقاومة السلك R وعدد اللفات.

٣٣ - ٩ يراد أن ينشأ في ملف اسطواني ذي قلب هوائي (الطول الداخلي 100 mm ونصف القطر 30 mm) مجال مغنطيسي ذو كثافة تدفق 0,08 T عند الإثارة بتيار I قدره 10 A.

احسب:

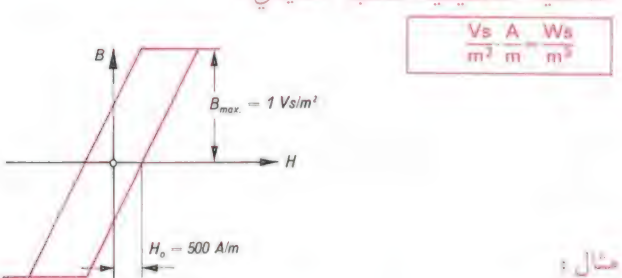
أ) شدة المجال H ب) وصلية التدفق Θ ج) العدد اللازم من اللفات.

٣٣ - ١٠ ملف اسطواني ذو قلب هوائي، الطول الداخلي 150 mm نصف قطر اللفة 50 mm وعدد اللفات 250 لفة.

أوجد: أ) مقدار موصلته المغنطيسية ب) مقدار كثافة التدفق التي يمكن قياسها في داخل الملف بتيار إثارة شدته 5 A؟

الفقد عند التخلفية المغنطيسية (التعويق المغنطيسي)

تبين لنا المساحة المحصورة داخل المنحنى الأنشوطي الفقد عند التخلفية المغنطيسية للقلب الحديدي.



مثال:

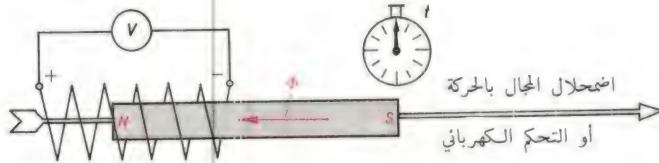
احسب للقلب ($V = 200 cm^3 = 0,0002 m^3$) ذي المنحنى الأنشوطي المرسوم أعلاه الشغل عند التخلفية المغنطيسية لمرة واحدة والقدرة عند تخلفية مغنطيسية بمعدل 50 مرة في الثانية.

$$W = V \cdot 2 B_{max} \cdot 2 H_0 = 0,0002 \cdot 2 \cdot 1000 Ws = 0,4 Ws$$

$$P = W \div t = 0,4 Ws \div 1/50 s = 20 W$$

ق. د. ك المنتجة بالحث عند تغير المجال المغنطيسي

يولد التغير في المجال المغنطيسي 1Vs لكل ثانية في الملف المحيط به نبضة جهد قدرها 1V لكل لفة. وتزداد القوة الدافعة الكهربائية (ق. د. ك) بزيادة التغير في التدفق والسرعة وعدد اللفات، وعلى ذلك يولد تغير تدفق منتظم $\Delta\Phi$ في زمن قدره t عدد N من لفات الملف.



ق. د. ك المنتجة بالحث (صورة عامة للصيغة الرياضية):

$$E = -\frac{\Delta\Phi}{t} \cdot N$$

الوحدات: V و Vs و s

تعني الإشارة السالبة أننا نحصل - بالنظر في اتجاه التدفق - في حالة المجال المغنطيسي المتناقص على قوة دافعة كهربائية تدور في اتجاه عقرب الساعة (بسبب المجال المتزايد جهدا يدور ضد اتجاه عقرب الساعة)

الصيغة الرياضية للحركة الدورانية (المولد):

$$E = B \cdot v \cdot l_{eff}$$

بوحدة: m/s و T و V

l_{eff} = الطول الفعال للموصل

(تحت سطوح الأقطاب)

اشتقاق الصيغة الرياضية للقوة الدافعة للملف المتحرك:

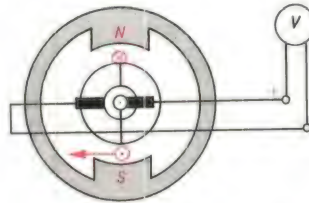
يقطع الموصلان المفردان لكل لفة في مسارهما s المساحة المستعرضة للتدفق:

$$\Delta A = 2 \cdot l_1 \cdot s$$

$$B \cdot l_{eff} \cdot v = B \cdot (N \cdot 2 \cdot l_1) \cdot s/t = B \cdot N \cdot \frac{2 \cdot l_1 \cdot s}{t} = B \cdot N \cdot \Delta A/t = N \cdot \Delta\Phi/t$$

ملاحظة:

v = السرعة العمودية على المجال
وتتغير v و (ق. د. ك) مع زاوية قطع المجال وعند الدوران المتوازي يكونان مساويان للصفر



سلوك الملف عند الوصل أو الفصل

في الملفات المغنطيسية يؤدي كل تغيير في تيار الملف I عبر المجال المغنطيسي الذاتي إلى نبضة جهد: (ق. د. ك) مضادة عند وصل الدائرة و (ق. د. ك) إضافية عند فصل الدائرة (الحث الذاتي).

$$E = \frac{\Delta I}{t} \cdot L \quad \text{حيث } L = \mu \cdot N^2 \quad \text{و } \mu = \frac{\Delta\Phi}{\Delta I} \quad \text{و } N = \text{عدد اللفات}$$

$$E = \frac{\Delta I}{t} \cdot L$$

$$L = \mu \cdot N^2$$

$$1 \text{ Henry} = 1 \text{ V} \cdot \text{s} / \text{A}$$

الكمية المقاسة لسلوك الملف عند الوصل والفصل هي الحث L وتقاس بالهنري (H). ويعطي ملف ذو محاثته (هنري) $L=1H$ عند تغير في التيار قدره 1A/s نبضة جهد قدرها 1V.

مثال: فصل التيار 6A خلال ملف ذي محاثته قدرها 5H في 1/50 من الثانية. احسب جهد النبضة (ق. د. ك).
الحل:

$$E = L \cdot \Delta I/t = 5H \cdot 6A / (1/50) = 1500 \text{ V}$$

التغيير التعويقي (المتباطئ) للتيار

التوصيل وقصر الدائرة للمفات ذات L و R

$$t = 5 \cdot T$$

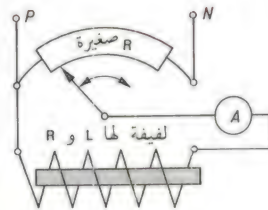
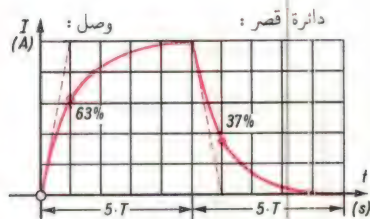
$$T = L/R$$

$$\frac{H}{\Omega} = \frac{Vs/A}{V/A} = s$$

توصيل الملفات:

$$L \text{ (توالي)} = L_1 + L_2 + \dots$$

$$\frac{1}{L \text{ (توازي)}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots$$



يجمع التوصيل على التوالي جهد النبضات للمفات ويرفع الحث L .
يوزع التوصيل على التوازي التغير في التيار ويخفض الحث L (تنطبق الصيغة الرياضية فقط ما لم تؤثر المجالات المغنطيسية للمفات ضد بعضها البعض).

تمرينات

مثال :

محب قضيب مغنطيسي ($\Phi = 0,0001 \text{ Vs}$) خارج ملف قياس (عدد لفاته = 10 000) بحيث ينخفض التدفق في الملف في الثانية الواحدة بانتظام إلى الصفر، والمطلوب حساب ق. د. ك.

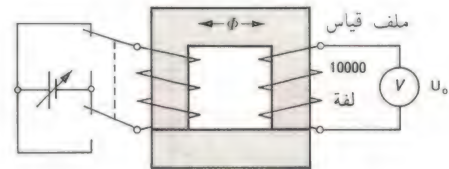
$$E = - \frac{\Delta \Phi}{t} \cdot N = \frac{0,0001 \text{ Vs}}{1 \text{ s}} \cdot 10\,000 = 1 \text{ V}$$

٣٤- ١ أجر نفس العملية الحسابية السابقة باستخدام القضبان المغنطيسية وملفات القياس التالية :

أ	ب	ج
مساحة مقطع القضيب A	200 mm ²	10 cm ²
كثافة المجال الداخلية B	0,3 T	0,25 T
التغير في التدفق $\Delta \Phi$?	?
زمن التغير t	3 s	0,5 s
عدد الملفات N	1000	5 000
ق. د. ك. ملفات القياس	?	?

٣٤- ٢ تشد حافظة مغنطيس يثار بالتيار المستمر بواسطة موصل مغنطيسي محسن (بدون ثغرة هوائية) فيزداد التدفق المغنطيسي في 0,1 s بمقدار 0,0012 Vs. ما مقدار ق. د. ك. المضادة المؤثرة على ملف الإثارة للمغنطيس (عدد لفاته $N = 5\,000$) ؟

٣٤- ٣ عن طريق شدة التيار في ملف الإثارة يمكن التحكم في التدفق Φ لمغنطيس كهربائي من ثانية إلى أخرى بقيم التحكم التالية :



الثانية	من	إلى	U_0 (Volt)	$\Delta \Phi$ (Vs)
الأولى	صفر	+200 μVs	?	?
الثانية	+200 μVs	+200 μVs	?	?
الثالثة	+200 μVs	صفر	?	?
الرابعة	صفر	-200 μVs	?	?
الخامسة	-200 μVs	-200 μVs	?	?
السادسة	-200 μVs	صفر	?	?

اكتب قيم التدفق المغنطيسي Φ (100 μVs رأسياً 1 cm) وقيم جهد ملف القياس U_0 (2 V رأسياً 1 cm) معا في المنحنى الخصائص مع زمن قدره 2×6 ثانية (1 s أفقياً 1 cm).

٣٤- ٤ يعمل مولد بحيث تتحرك أسلاك لفائف عضو الإنتاج بسرعة 5 m/s عمودياً على مجال الثغرة الهوائية لحذاء القطب (0,6 T).

أ) احسب ق. د. ك. لموصل طوله المغنطيسي الفعال في مجال القطب = 0,15 m.

ب) ما هو الجهد المستحث إذا تحرك في وقت واحد 2×40 الموصلات (المتصلة على التوالي) في المجال المغنطيسي؟.

مثال :

ملف ذو قلب حديدي (موصلة المغنطيس 3 μH) به 1000 لفة تم التحكم في تيار إثارته في زمن 0,5 من الثانية من 100 mA إلى 500 mA. احسب ق. د. ك. المضادة. طريقة الحل الأولى :

$$E = N \cdot \Delta \Phi / t = 1000 \cdot 0,0012 \text{ Vs} / 0,5 \text{ s} = 2,4 \text{ V}$$

$$\Delta \Phi = \Lambda \cdot \Delta I = 0,000\,003 \cdot 400 \text{ Vs} = 0,0012 \text{ Vs}$$

$$\Delta I = N \cdot \Delta I = 1000 \cdot 0,4 \text{ A} = 400 \text{ A}$$

طريقة الحل الثانية :

$$E = L \cdot \Delta I / t = 3 \text{ H} \cdot 0,4 \text{ A} / 0,5 \text{ s} = 2,4 \text{ V}$$

$$L = \Lambda \cdot N^2 = 0,000\,003 \text{ H} \cdot 1000^2 = 3 \text{ H}$$

٣٤- ٥ احسب محاثة الملفات في الجدول التالي :

عدد الملفات N	موصلة المغنطيس Λ	L (H)
أ) 500	1 μH	?
ب) 1000	2 μH	?
ج) 1000	$2 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/A}$?
د) 1000	4 μH	?
هـ) 10 000	0,5 μH	?
و) 100	0,18 μH	?

٣٤- ٦ أكمل الجدول التالي إذا كانت نبضات الجهد عند وصل وفصل الملفات هي :

ΔI	t (s)	L (H)	E (V)	الاتجاه
أ) +0,4 A	2 s	3 H	?	?
ب) -1,5 A	0,01 s	8 H	?	?
ج) -6 A	0,01 s	50 mH	?	?
د) +0,4 A	0,5 s	?	4,8 V	مضاد
هـ) -1 A	1 s	?	1 V	مع I
و) -10 A	0,01 s	?	1200 V	مع I

ملاحظة : عند وصل الملفات في الدائرة أو عند عمل قنطرة عليها فإن ق. د. ك. الحثية تمنع وجود تغير مفاجئ في تيار الملف : يحتاج التيار I إلى خمسة أمثال الثابت الزمني (5·L/R) لحدوث التغير. ويمكن التحكم في ΔI ليكون أكثر بطءً وليس أكثر سرعة.

٣٤- ٧ وصل ملف (10 Ω و 2,4 H) في دائرة.

أ) ما الزمن الذي يحتاجه تيار الملف للزيادة؟

ب) ما الزمن الذي يحتاجه تيار الملف للزيادة إذا وصلت به مقاومة توال قدرها 20 Ω ؟

٣٤- ٨ ما محاثة ملف عدد لفاته 500 وقلب حديدي مقفل ؟ ($l_m = 400 \text{ mm}$; $A = 900 \text{ mm}^2$; $\mu_r = 2400 \cdot 800$)

٣٤- ٩ احسب محاثة ملف عدد لفاته 250 لفة يحتوي قلبه الحديدي (لا يؤخذ القلب الحديدي في الاعتبار) على ثغرتين هوائيتين كل منهما 5 mm (المساحة لكل منهما 1000 mm²).

٣٤- ١٠ ما محاثة ملف هوائي عدد لفاته 250 لفة (الطول الداخلي 77 mm قطر اللفة 46 mm). قارن مع الجزء الأخير من اللوحة (٣٣).

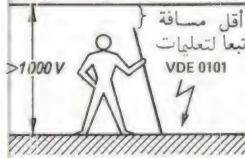
٣٤- ١١ إذا وصل ملفان (كل منهما 750 mH) ذوو مجالين مغنطيسيين منفصلين :

أ) على التوازي ب) على التوالي. احسب المحاثة الكلية.

المجال الكهربائي (القوة المؤثرة على الشحنات)

$Q = I \cdot t \text{ (As)}$	الشحنة الكهربائية
$F \cdot l = Q \cdot U \text{ (Nm = Js)}$	الشغل المبذول في الفصل
$\frac{F}{Q} = \frac{U}{l} \left(\frac{V}{m} = \frac{N}{As} \right)$	شدة المجال الكهربائي (القوة لكل شحنة)

شدة مجال الانهيار (kV/mm)
الهواء الجاف من 1 إلى 2
لدائن PVC من 20 إلى 50
الخزف 35



ثابت العازل ϵ_r (معامل التكهرب) وقيمته : للهواء 1 = لزيت العزل = 2 وللدائن PVC = 4 وللزجاج حتى 8

(١) تتولد المجالات الكهربائية عن طريق فصل الشحنات .
ويزداد الشغل المبذول في الفصل (القوة مضروبة في المسافة)
بزيادة الشحنة أو الجهد (طاقة الوضع للشحنات) .

(٢) تتغير شدة المجال الكهربائي E (V/m أو V/mm) في الفراغ مع
كثافة المجال فتكون القيم العظمى عند أطراف الأقطاب وعند
الحواف .

(٣) يؤدي التقارب بين القطب الموجب والقطب السالب عند
جهد شبكة معين إلى ارتفاع شدة المجال . وإذا كان المكثف
معزولاً وغير موصل بالشبكة ، يؤدي هذا التقارب إلى تناقص
الجهد .

(٤) تستطيع المواد العازلة عن طريق إزاحة الشحنات ، تخطي
المسافات بين الأقطاب وبذلك تزيد من قوى المجال .
ويقارن ثابت العازل ϵ_r (تنطق إبسيلون) بين قدرة الإزاحة
للمواد العازلة والهواء .

سلوك المكثف عند وصل وفصل الدائرة



يؤدي التغير في الجهد على المكثف إلى تيارات شحن أو تفريغ وتوقف شدة التيار على سرعة تغير الجهد وعلى سعة المكثف
(مساحة سطح الألواح A والمسافة بين الألواح l وثابت العازل ϵ_r)

$$1 \text{ Farad} = 1 \text{ A} \cdot \text{s} / \text{V}$$

أجزاء الوحدة : μF , nF, pF

$$C = \frac{A \cdot \epsilon_r}{l} \cdot 8.85$$

الوحدات (nF, m², mm)

$$I = \frac{\Delta U}{t} \cdot C$$

تيار الشحن أو التفريغ

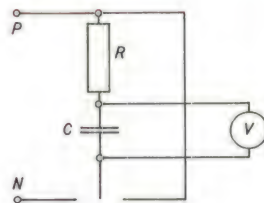
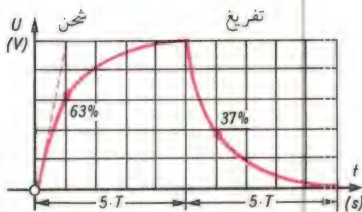
تُتخذ السعة C كمية قياس لسلوك الوصل والفصل في الدائرة لمكثف ما وتقاس بالفاراد (F). ويسحب المكثف الذي سعته 1 F تياراً
قدره 1 A عند حدوث تغير في الجهد قدره 1 V/s .
وأجزاء الوحدة هي :

$$1 \text{ F} = 10^6 \mu\text{F} = 10^9 \text{ nF} = 10^{12} \text{ pF} \quad (\text{ميكروفاراد } \mu\text{F}, \text{ نانوفاراد nF}, \text{ بيكوفاراد pF})$$

مثال : يتغير الجهد على مكثف سعته 50 μF في زمن 1/100 s بمقدار 600 فولط . احسب نبضة التيار .

$$I = C \cdot \Delta U / t = 50/10^6 \cdot 600 \text{ V} / 1/100 \text{ s} = 3 \text{ A}$$

الحل : التغير التعويقي (المتباطئ) للجهد عند الشحن والتفريغ :



$t = 5 \cdot T$	$T = C \cdot R$
وحدة $F \cdot \Omega = \frac{As}{V} \cdot \frac{V}{A} = s$	

توصيل المكثفات

يجمع التوصيل على التوازي مساحات الألواح A ويرفع السعة C .
يجمع التوصيل على التوالي المسافات بين الألواح l ويخفض السعة C .
تطبق الصيغة التالية لتوصيل عدد n من السعات المتساوية على التوالي قدر
كل سعة C_1 :
 $C = \frac{C_1}{n}$ (توالي) C

$C \text{ توازي} = C_1 + C_2 + \dots$
$\frac{1}{C} \text{ التوالي} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$

المجال الكهربائي

يجب تجنب الخلط بين: E (بوحدة V/m) = شدة المجال الكهربائي
و E بالقولط (V) = ق. د. ك. (emf)
ملاحظة: تتطابق رموز الصيغ الرياضية بطريق الصدفة فقط،
وينطبق في حالة الهواء:

$$\text{كثافة الشحنة} = \frac{8,85 \text{ As/m}^2}{10^{12} \text{ V/m}} \left[\frac{\text{As}}{\text{Vm}} = \frac{F}{m} \right] = \text{شدة المجال الكهربائي}$$

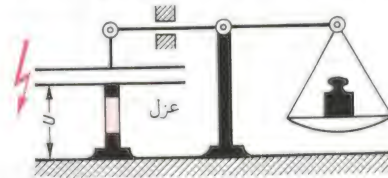
٣٥ - ١ ما هي الشحنة التي تسري في سلك موصل يمر لمدة
(أ) 5 ثوان، (ب) 0,3 من الثانية، (ج) 0,025 من الثانية، تياراً
مستمراً بقيمة متوسطة 200 mA؟

٣٥ - ٢ ما هي شدة التيار المتوسطة اللازمة:

(أ) لشحن 66 Ah في 20 h في بطارية سيارة. (ب) لتكوين شحنة
قدرها 3 μAs في 0,1 s على لوح معدني؟

٣٥ - ٣ يوجد مجال كهربائي منتظم (متساو في جميع الأجزاء)
في الهواء بين لوحين معدنيين ذوي شحنتين متضادتين.

(أ) ما مقدار شدة المجال E (V/mm) لمسافة 5 mm بين اللوحين
وجهد بينهما قدره 2000 V؟ (ب) حوّل شدة المجال هذه إلى
الوحدة V/cm ثم إلى الوحدة V/m. (ج) ما مقدار قوة الجذب F
الناجمة بين اللوحين، إذا كانا مشحونين بشحنة 1,25 μAs ؟
ارشادات لحل: استعمل $F = E \cdot Q/2$ (والوحدات: $N = V/m \cdot \text{As}$)
(د) إلى أي مدى يسمح بإنقاص المسافة بين اللوحين بدون
حدوث انهيار (يحدث الانهيار ابتداء من 1 kV/mm)؟



٣٥ - ٤ يوصل المجال المنتظم الموجود بين لوحين مكثف تجارب
جهداً قدره 1000 V عبر مسافة 5 mm بين اللوحين. وبفصل
اللوحين المشحونين عن الشبكة تتغير المسافة بينهما مع الجهد في
تناسب طردي (القولطمر الاستاتي الكهربائي).

(أ) إذا بقي اللوحان متصلان بالشبكة: ما مقدار U و E بعد
تقريب اللوحين إلى مسافة 2 mm؟
(ب) إذا فصل اللوحان المشحونان عن الشبكة: ما مقدار U و E
بعد التقارب إلى مسافة 2 mm؟
(ج) إذا فصل اللوحان المشحونان عن الشبكة: ما مقدار U و E
بعد إدخال قرص زجاجي سمكه 5 mm ($\epsilon_r=8$)؟ التقارب
الظاهري هو $1/\epsilon_r$.

المكثف.

مثال: ما هو تيار الشحن المار في مكثف (مساحة اللوح
1 m² والمسافة 0,02 mm وثابت العزل $\epsilon_r=6$) إذا ما رفع الجهد
بين اللوحين في 1/100 من الثانية من 100 V إلى 400 V؟ ما هي
الشحنة الإضافية المسحوبة؟

$$\begin{aligned} \text{الحل: } \Delta U &= 300 \text{ V}; t = 0,01 \text{ s}; A = 1 \text{ m}^2; l = 0,02 \text{ mm}; \epsilon_r = 6; \\ C &= \frac{A \cdot \epsilon_r}{l} \cdot 8,85 = \frac{1 \cdot 6}{0,02} \cdot 8,85 \text{ nF} = 2660 \text{ nF} = 2,66 \mu\text{F} \\ I &= \frac{\Delta U \cdot C}{t} = \frac{300 \cdot 2,66 \text{ mA}}{0,01 \cdot 10^6} = 80 \text{ mA} \\ Q &= \Delta U \cdot C = 0,8 \text{ mAs} \end{aligned}$$

٣٥ - ٥ حوّل القيم الموضحة بالجدول إلى فاراد:

أ	ب	ج	د	هـ	و
5000	25	20 000	800	120 000	2000
μF	μF	nF	nF	pF	pF

٣٥ - ٦ احسب الشحنة بالوحدة As:

أ	ب	ج	د	هـ	و
10 kV	1000 V	300 V	525 V	400 V	180 V
2500 μF	1 F	16 μV	100 μF	250 nF	2000 pF

الحل للجزء (ج):

$$Q = U \cdot C = 300 \text{ V} \cdot 16 \mu\text{F} / 10^6 = 0,0048 \text{ As}$$

٣٥ - ٧ احسب تيار الشحن (أو التفريغ):

أ	ب	ج	د
100 V	0	400 V	500 V
500 V	220 V	0	100 V
?	?	?	?
0,01 s	0,02 s	0,02 s	0,01 s
80 μF	10 μF	20 μF	50 nF
?	?	?	?

ملاحظة: لا يمكن التحكم في تغير الجهد بسرعة اختيارياً بل
يحتاج التغير إلى زمن قدره $t = 5 \cdot T = 5 \cdot C \cdot R$ على الأقل.

٣٥ - ٨ احسب سعة كل من المكثفات التالية:

أ	ب	ج	د
2 m ²	4 m ²	0,25 m ²	500 m ²
0,1 mm	0,05 mm	10 mm	0,01 mm
$\epsilon_r=1$	$\epsilon_r=7$	$\epsilon_r=1$	$\epsilon_r=8$

٣٥ - ٩ ما هي قيم السعة الناجمة عند توصيل: (أ) وحدتين
(ب) 3 وحدات (ج) 6 وحدات من مكثفات ذات سعة
متساوية قدرها 12 μF ؟

١ - على التوالي ٢ - على التوازي

٣٥ - ١٠ يراد استبدال مكثف 2 $\mu\text{F}/200 \text{ V}$ بمكثفات ذات
2 $\mu\text{F}/100 \text{ V}$. ارسم الدائرة المكافئة.
منحنى التوازن

٣٥ - ١١ احسب الوقت اللازم لتفريغ شحنة مكثف سعته
200 μF في المقاومات التالية:

(أ) 100 k Ω (ب) 20 k Ω (ج) 5 k Ω (د) 800 Ω

٣٥ - ١٢ احسب زمن الشحن أو التفريغ لكل من القيم
الموضحة بالجدول:

أ	ب	ج	د	هـ	و
1 μF	5 μF	100 μF	40 nF	0,5 μF	750 pF
1 M Ω	200 k Ω	50 k Ω	1 M Ω	6 k Ω	2 M Ω

٣٥ - ١٣ استغرق تفريغ مكثف في حالة عدم تناقص التيار
($I = U_0 \div R$) زمناً قدره $t = C \cdot R = 2 \text{ s}$.

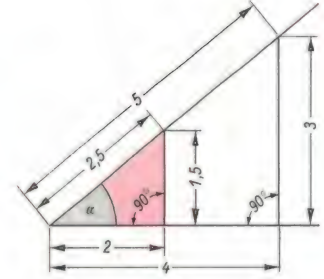
(أ) ارسم منحنى التفريغ الفعلي لجهد $U_0 = 100 \text{ V}$ (يبقى 37% من
الجهد بعد مرور كل ثانيتين) (ب) ارسم منحنى الشحن (يقبل
المقدار الناقص عن 100 V بعد كل ثانيتين بنسبة 37%).

الدوال المثلثية للزاوية α

مثال : $\alpha \approx 37^\circ$

يحسب الضلع الثالث غير المعلوم في المثلث القائم الزاوية طبقاً لنظرية فيثاغوراس (انظر اللوحة ١٤). وتلزم النسب المثلثية التالية للحساب بالأضلاع والزوايا :

$\frac{\text{الضلع المقابل}}{\text{الضلع المجاور}} = \tan$ ظل الزاوية	$\frac{\text{الضلع المقابل}}{\text{الوتر}} = \sin$ جيب الزاوية
$\frac{\text{الضلع المجاور}}{\text{الضلع المقابل}} = \cot$ ظل تمام الزاوية	$\frac{\text{الضلع المجاور}}{\text{الوتر}} = \cos$ جيب تمام الزاوية



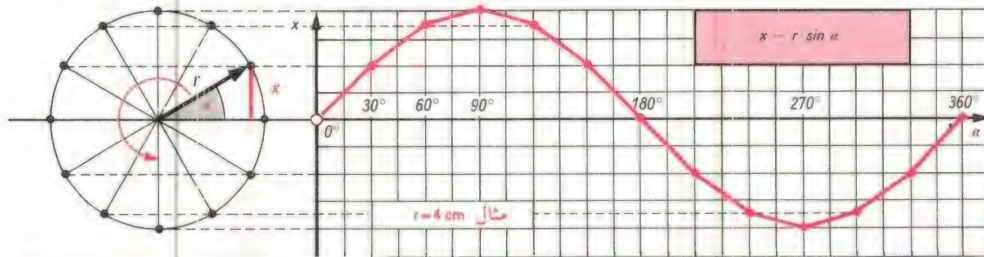
$$\sin \alpha = \frac{1.5}{2.5} = \frac{3}{5} = 0.6$$

$$\tan \alpha = \frac{1.5}{2} = \frac{3}{4} = 0.75$$

تحدد النسب بين الأضلاع في المثلث قائم الزاوية بواسطة زاوية واحدة α وتتوقف هذه النسب على الزاوية فقط وليس على أبعاد المثلث (انظر المثال).
وتوجد دوال الزوايا المثلثية في جداول الزوايا منفصلة لكل من الجيب (\sin) وجيب تمام (\cos) والظل (\tan) وظل تمام (\cot).
تستعمل الصيغتان التاليتان للحساب بالمسطرة الحاسبة :
 $\cos \alpha = \sin (90^\circ - \alpha)$; $\cot \alpha = \tan (90^\circ - \alpha)$

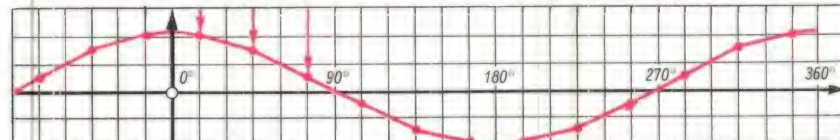
منحنى الجيب ~

(١) يطلق مصطلح منحنى الجيب على المنحنى الخاص بالركبة الرأسية (هنا : x) لطول المتجه r لزاوية دوران متزايدة α . والقيمة العظمى للمنحنى الجيبي هي طول المتجه r . وفي المثلث ذي الزاوية α يكون : $\sin \alpha = x/r$ وبالتبديل يحسب لكل زاوية دوران : $x = r \cdot \sin \alpha$



زاوية الدوران α	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°
$\sin \alpha$ (من الجدول)	0	$\frac{1}{2}$	$\approx \frac{7}{8}$	1	$\frac{7}{8}$	$\frac{1}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{7}{8}$	-1	$-\frac{7}{8}$	$-\frac{1}{2}$	0
$x = r \cdot \sin \alpha$ ($r = 4 \text{ cm}$)	0	2	3.5	4	3.5	2	0	-2	-3.5	-4	-3.5	-2	0
$\Delta x/t$ (الميل لكل 30°)		+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+
		2.0	1.5	0.5	0.5	1.5	2.0	2.0	1.5	0.5	0.5	1.5	2.0

(٢) المنحنى الخاص بالميل للميل : $(\frac{\Delta x}{t})$



يبين الشكل المنحنى الخاص بالميل لميل مزاحا بمقدار 90° . وأكبر ميل هو $\omega \cdot r$

وهو يبدأ بأكبر ميل ويعطي النسبة $\Delta x/t$ (تغير x في الزمن t). وعندما يكون المتجه عمودياً ($\alpha = 90^\circ$) لا يوجد تغير في x . وعندما يكون المتجه أفقياً يعطي أكبر تغير في x بسرعة المتجه. سرعة المتجه : $v = \omega \cdot r$ (انظر اللوحة ١٧) وهي تساوي السرعة الزاوية مضروبة في طول المتجه.

$$r = 4 \text{ cm}$$

الحل : القيمة العظمى :

$$\omega \cdot r = \pi/6 \cdot 4 \text{ cm/s} = 2.1 \text{ cm/s}$$

أكبر ميل :

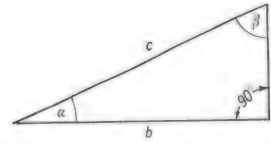
$$\omega = 2\pi \cdot n/60 = 6\pi \text{ rad/s}$$

مثال : يدور متجه طوله $r = 4 \text{ cm}$ بسرعة دوران $n = 5 \text{ r.p.m.}$

أوجد كلا من القيمة العظمى وأكبر ميل لمنحنى الجيب ؟

تمرينات

٣٦-١ احسب الضلع الناقص في المثلث بواسطة نظرية فيثاغوراس (قارن مع اللوحة ١٤).



	أ	ب	ج	د	هـ
الضلع a	9 cm	8 cm	?	26 cm	?
الضلع b	?	15 cm	15 cm	?	11 cm
الضلع c	15 cm	?	20 cm	50 cm	12 cm

٣٦-٢ اوجد قيم الزاوي α و β و γ بالدرجات من البيانات الموضحة بالجدول مستعملا الجداول الرياضية.

	أ	ب	ج	د	هـ
$\cos \alpha$	0,3	0,4	0,95	0,65	0,85
$\sin \beta$	0,25	0,35	0,88	0,62	0,58
$\tan \gamma$	0,1	0,35	1,6	0,9	5,2

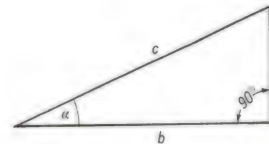
٣٦-٣ أكتب قيم الدوال المثلثية الواردة بالجدول بدون استعمال الجداول ثم قارن القيم الموجودة بالجدول الرياضية.

النسب المثلثية	sin	cos	tan	cot
جا	جتا	ظا	ظلتا	
0°	?	?	?	?
30°	?	?	?	?
45°	?	?	?	?
60°	?	?	?	?
90°	?	?	?	?

٣٦-٤ اوجد القيم الناقصة بالجدول التالي:

	أ	ب	ج	د	هـ
$\cos \alpha$	0,65	0,8	?	?	?
$\sin \alpha$?	?	0,9	?	?
$\tan \alpha$?	?	?	1,5	0,5

٣٦-٥ تمثل الأبعاد المعطاة في الجدول مثلثات قائمة الزاوية. والمطلوب إكمال القيم الناقصة:

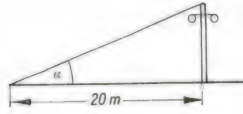


	أ	ب	ج	د	هـ
b (mm)	?	19	?	62	?
c (mm)	220	?	76	?	115
α	?	65°	53°	?	?
$\sin \alpha$	0,6	?	?	?	0,68
$\cos \alpha$?	?	?	0,75	?

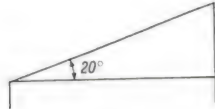
٣٦-٦ احسب جميع الأضلاع والزاوي للمثلثات قائمة الزاوية والتي تشمل على: أ) $c=12$ cm و $\alpha=25^\circ$

ب) $b=7,5$ cm و $\beta=40^\circ$ ج) $c=12$ cm و $a=10$ cm

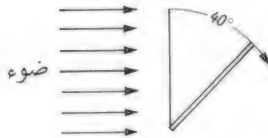
٣٦-٧ عند تعيين ارتفاع عمود لخطوط التوصيل الهوائية على بعد قدره 20 m قيس الزاوية $\alpha=31^\circ$ بواسطة تحديد الاتجاه. ما مقدار ارتفاع قبة العمود عن مستوى الرصد؟



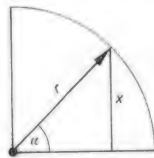
٣٦-٨ إذا كانت المساحة الأساسية للوحة التحكم هي $75 \text{ cm} \times 150 \text{ cm}$. احسب مساحة مسقط اللوحة في الوضع المائل بزاوية قدرها 20° .



٣٦-٩ احسب النسبة المئوية للضوء غير المستفاد منه إذا ما أدير السطح المضاء بزاوية 40° .



٣٦-١٠ احسب للمتجه $r=5$ cm قيمة المركبة الرأسية عند:



- أ) $\alpha = 0^\circ$
 ب) $\alpha = 30^\circ$
 ج) $\alpha = 60^\circ$
 د) $\alpha = 90^\circ$

٣٦-١١ ارسم للمتجه $r=6$ cm منحنى الخواص للمركبة الرأسية للقيمة x عند تزايد الزاوية α بمقدار 30° في كل مرة.

٣٦-١٢ ارسم منحنى الجيب للمتجه $r=8$ cm (سجل نقط المنحنى كل 30° . تضرب قيم الجيب r في المقادير $0, \frac{1}{2}, \frac{7}{8}, 1$ على التوالي) دون قيم الميل بين نقط المنحنى (لاحظ الإشارة) ثم صل قيم الميل لتكون منحنى جيب جديد. قس الإزاحة الجانبية بين كلا المنحنيين بالدرجات.

٣٦-١٣ متجه r يدور 10 مرات كل ثانية.

أ) احسب السرعة الزاوية بالدرجات لكل ثانية.

ب) احسب ω بالزاوية نصف القطرية (rad) لكل ثانية.

ج) احسب السرعة المحيطية لمتجه 5 cm.

د) ارسم منحنى الجيب للمتجه المذكور وحدد أكبر ميل له عند مروره بنقطة الصفر.

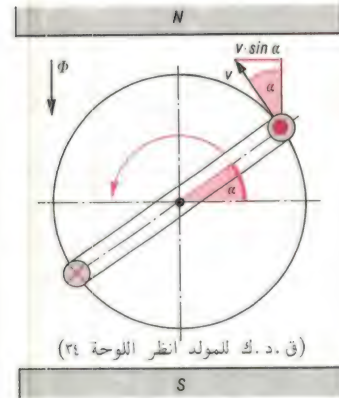
٣٦-١٤ يدور ملف متحرك ذو أنشودة مربعة الشكل 8 مرات في كل ثانية (أبعاده الداخلية هي $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$) في مجال مغناطيسي منتظم كثافة تدفقه $0,1 \text{ T}$:
 احسب عند $\alpha=0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$:

أ) التدفق Φ خلال الأنشودة (Φ العظمى تكون عند 90°)
 ب) سرعة تغير التدفق Φ في الأنشودة ($\omega \cdot \Phi_{\text{max}}$ العظمى عند 0°).

وضع الابتداء لزاوية الدوران α : عندما تكون الأنشودة موازية للمجال (بدون تدفق).

توليد الجهد - التعريف

يحرك الملف الدوار ذو السرعة الحيطية v موصلاته عموديا على المجال المغنطيسي بسرعة $v \cdot \sin \alpha$ وبذلك يتولد جهد متردد جيبي الشكل .



α = زاوية الدوران (تكرر دوريا كل 360°)

T = زمن الذبذبة بالثانية = دورة واحدة لعضو الإنتاج (360°)

U_{max} = القيمة العظمى للجهد U عند قطع المجال في اتجاه عمودي .

$U_t = U_{max} \cdot \sin \alpha$ = القيمة المتغيرة مع الزمن (منحنى الجيب) .

U_m = القيمة المتوسطة للجهد الجيبي المتردد $0 V$.

f = التردد بالهيرتز $f = 1/T$ ($Hz = 1/s$)

$\omega = 2\pi \cdot f$ = التردد الزاوي = السرعة الزاوية .

ωU_{max} = أكبر قيمة لتغير الجهد مع الزمن عند المرور بالصفر .

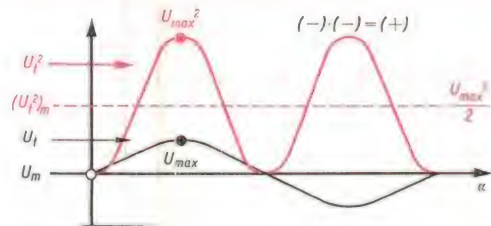
في شبكة الإنارة ذات 50 هيرتز يكون : $\omega = 2\pi \cdot f = 314 \cdot 1/s$

القيم الفعالة لكل من U و I

تكون القيمة المتوسطة للكمية U_t^2 هي العامل المحدد لحساب القدرة $P = U^2 \div R$ بمقاومة ما R . وعلى ذلك تكون القيم المؤثرة (القيم الفعالة) هي :

$$U_{eff} = \sqrt{(U_t^2)_m} = \sqrt{\frac{U_{max}^2}{2}} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{U_{max}}{1,41}$$

$$I_{eff} = \sqrt{(I_t^2)_m} = \sqrt{\frac{I_{max}^2}{2}} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{I_{max}}{1,41}$$



$$U = U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$I = I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

وغالبا ما تستخدم القيم الفعالة لقياسات التيار المتردد (\sim) . ولحساباته وصيغته الرياضية : يجب الحذر عند إجراء الجمع حيث يجب ملاحظة الاتجاه وزمن بدء الدوران والتردد .

α	0°	30°	60°	90°	180°	270°	360°
$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	0	-1	0
U_t	0	2	3,5	4	0	-4	0 V
U_t^2	0	4	12	16	0	+16	0 V ²

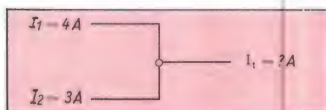
مثال : $U_t = 4 \text{ Volt} \cdot \sin \alpha$

$U = 2,83 \text{ V}$

زاوية الطور ϕ ومثلث المتجهات

التذبذبات الجيبية ذات التردد الواحد والمزاحة زمنيا بزاوية الطور ϕ (فاي) تعمل ضد بعضها البعض من وقت إلى آخر . لا يسمح بجمع القيم الفعالة كأعداد وإنما تجمع كمتجهات فقط .

مثال :



تيارات مترددة (\sim)

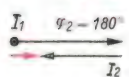
50 Hz

(-) يمثل هذا البعد

1 A (أمبير واحد)

ذبذبة متضادة

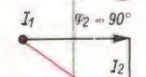
الاتجاه



$I_1 = 1 \text{ A}$

ذبذبة متخلفة

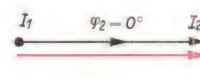
ربع دورة



$I_1 = 5 \text{ A}$

ذبذبة متحدة الاتجاه

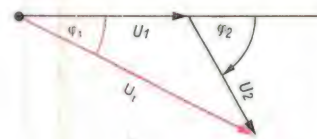
ربع دورة



$I_1 = 7 \text{ A}$

وتقع I_t بين 1 A و 7 A تبعا للزاوية ϕ_2 .

مثلث المتجهات للقيم الفعالة :
ضع القيم الجزئية خلف بعضها البعض بمقياس رسم مناسب ثم قس المحصلة



ملاحظة :

تكون ϕ_2 إلى اليسار إذا تقدم المتجه الثاني وتكون ϕ_2 إلى اليمين إذا تأخر المتجه الثاني . طول المتجه = القيمة الفعالة .

تمرينات

مثال : يتحرك ملف دوار في مجال مغنطيسي منتظم ($B=0,2T$) بسرعة محيطية 3 m/s ، الطول الفعال للموصل : 2 قطب $\times 50$ لفة \times الطول تحت سطح القطب وقدره 10 cm .
(أ) ما هي القيمة العظمى للقوة الدافعة الكهربائية الحثية ؟
(ب) ارسم منحنى الجيب من 0° إلى 360°
(قيم الجيب هي : القيمة العظمى مضروبة في :
 $(0-1/2-7/8-1)$.

$B=0,2\text{ T}; v=3\text{ m/s}; I_{\text{eff}}=2 \cdot 50 \cdot 0,10\text{ m}=10\text{ m}$

$E_{\text{max}} = B \cdot v \cdot I_{\text{eff}} = 0,2\text{ T} \cdot 3\text{ m/s} \cdot 10\text{ m} = 6\text{ V}$

$E_0=0\text{ V}; E_{30}=3\text{ V}; E_{60}=5,25\text{ V}; E_{90}=6\text{ V}$

الحل :

٣٧ - ١ حل المثال السابق بالمعطيات التالية :

د	ج	ب	أ	
2	4	2	2	عدد الأقطاب
1	35	50	20	عدد اللفات
10 cm	160 mm	80 mm	10 mm	الطول تحت القطب
0,05 T	0,5 T	0,2 T	0,1 T	كثافة التدفق
1 m/s	15 m/s	2,5 m/s	2 m/s	السرعة المحيطية

٣٧ - ٢ احسب القيم الناقصة بالجدول ملف دوار في مجال مغنطيسي منتظم ثنائي الأقطاب :

د	ج	ب	أ	
375	3600	1000	3000	سرعة الدوران (r.p.m.)
?	?	?	?	التردد (Hz)
?	?	?	?	زمن الدورة (s)
?	?	?	?	التردد الزاوي (1/s)

الحل للجزء (أ) : $n=3000\text{ r.p.m.}$

$f = \frac{n}{60} = 50\text{ Hz}; T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50}\text{ s}; \omega = 2\pi \cdot f = 314 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$

٣٧ - ٣ احسب كميات القياس الناقصة بالجدول :

هـ	د	ج	ب	أ	
100 MHz	150 kHz	?	?	?	f (Hz)
?	?	5 ms	?	0,02	T (s)
?	?	?	105	?	ω (1/s)

٣٧ - ٤ احسب القيم الناقصة بالجدول للجهود المترددة الجيبية المعطاة :

ج	ب	أ	
60 V	380 V	220 V	الجهد الفعال U_{eff}
400 Hz	50 Hz	50 Hz	التردد f
?	?	?	القيمة المتوسطة U_m
?	?	?	القيمة العظمى U_{max}
?	?	?	أسرع تغير ωU_{max}

٣٧ - ٥ يقاوم عزل مكثف الانهيار حتى 250 V . ما هو الجهد الجيبي المتردد المسموح بالتوصيل عليه ؟

٣٧ - ٦ تسحب مقاومة تسخين قدرة مقدارها 1100 W عند تحميلها بتيار مستمر 5 A . ما مقدار القيمة العظمى للتيار الجيبي المتردد الذي يؤثر بنفس القدرة المستهلكة بواسطة هذه المقاومة ؟

٣٧ - ٧ تعمل أجهزة تحكُّم عن بعد بتردد 800 Hz في شبكة تيار عالية الجهد . احسب ω .

٣٧ - ٨ عيِّن قيم قياس التيار المتردد بالجدول :

د	ج	ب	أ	
?	?	20 mA	500 V	القيمة الفعالة
9 A	535 kV	?	?	القيمة العظمى

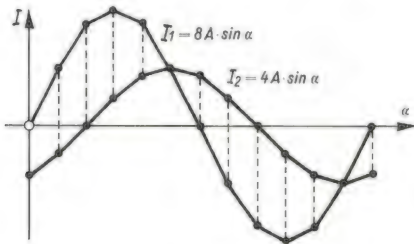
٣٧ - ٩ ل سرعة انتشار الموجات الكهربائية المغنطيسية (سرعة الضوء) ، يكون $f \cdot \lambda = 300\,000\text{ km/s}$. احسب طول الموجة λ (تنطق لامدا) للترددات التالية :

(أ) الموجة المتوسطة في الإرسال الإذاعي 600 kHz (ب) الموجة المتناهية القصر في الإرسال الإذاعي 100 MHz . (ج) الأشعة الضوئية $6 \cdot 10^{14}\text{ Hz}$ (د) أشعة رونتجن (السينية) $3 \cdot 10^{17}\text{ Hz}$.

٣٧ - ١٠ بيّلت صورة المنحنى الجهد جيبي متردد $U_{\text{eff}}=60\text{ V}$ على راسم تذبذبات (أوسيلوجراف) (المعايرة : $1\text{ cm} \approx 20\text{ V}$) . ما مقدار الانحراف المبين على الشاشة من النهاية العظمى إلى النهاية العظمى التي تليها ؟

٣٧ - ١١ إجمع التيارات الجيبية المترددة التالية :
 $I_{\text{eff}}=5,65\text{ A}$ و $I_{\text{eff}}=2,83\text{ A}$ (متأخرا بمقدار 60°) .

(أ) ارسم منحنى الجيب مبتدئا عند 0° أو 360° (نقط المنحنى I_{max} مضروبة في 0 و $1/2$ و $7/8$ و 1) على نفس الرسم لمنحنى العلاقة من 0° إلى 360° .



(ب) إجمع قيم الجيب نقطة بنقطة لكل 30° مع ملاحظة إشاراتها .

(ج) أضف رسم منحنى الجيب للتيار الكلي من قيم حاصل الجمع .

(د) عيِّن للتيار الكلي كلا من : القيمة العظمى I_{max} والقيمة الفعالة I_{eff} وزاوية الإزاحة φ .

(هـ) استبدل هذه الطريقة المعقّدة بطريقة جمع المتجهات للقيم الفعالة تبعا للوحة (٣٧) . قارن بين النتائج .

٣٧ - ١٢ أوجد التيار الكلي بالرسم بواسطة متجهات القيم الفعالة للتيارين $I_1=5\text{ A}$ و $I_2=3\text{ A}$ عند زاويا الإزاحة التالية للتيار I_2 :

(أ) 0° (ب) 30° (ج) 60° (د) 90° (هـ) 180° (و) 270°
٣٧ - ١٣ إجمع بالرسم ثلاثة تيارات كلا منها 10 A (تيارات جيبية مترددة لها نفس التردد)

(أ) عندما يكون كل منها منحرفا عن الآخر بزاوية 90°
(ب) عندما يكون كل منها منحرفا عن الآخر بزاوية 120° .

٣٧ - ١٤ يشتغل مولّدا دراجة من نوع واحد وفي وقت واحد بنفس الإطارات . ويعطي كل منهما $U_0 = 4\text{ V}$. ما هو جهد الدائرة المفتوحة الذي نحصل عليه إذا وصل كلاهما على التوالي ؟ ما هو عدد الحلول المحتملة ؟ علل ذلك .

(١) يغير الجهد المتردد الجيبي اتجاهه وقيمه باستمرار. ويتغير التيار تبعاً لذلك بانتظام. ويجب أن يؤخذ سلوك الملفات والمكثفات في الاعتبار أثناء الوصل والفصل في الدائرة فضلاً عن المقاومة R .

مقاومة الموصل وكهليات أخرى (انظر أسفله)	المقاومة الأومية الفعالة R	
$\varphi = 0^\circ$ U و I متزامنان $P = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}$	يولد الجهد U التيار I (كما في التيار المستمر)	
$X_L = \omega \cdot L$ (الوحدات: $\Omega, \frac{1}{S}, H$)	المفاعلة الحثية X_L	
$\varphi = +90^\circ$ إذا تقدم U تأخر I يتضاد نصف الدورة مع نصفها الآخر	تولد $\Delta I/t$ الجهد U (تزيد U بزيادة f)	
$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$ (الوحدات: $\Omega, \frac{1}{S}, F$)	المفاعلة السعوية X_C	
$\varphi = -90^\circ$ إذا تقدم I تأخر U يتضاد نصف الدورة مع نصفها الآخر	تولد $\Delta U/t$ التيار I (تزداد I بزيادة f)	

قانون أوم للتيار المتردد:

$I = \frac{U}{Z}$	$U = I \cdot Z$	$Z = \frac{U}{I}$
-------------------	-----------------	-------------------

(٤) المعاوقة Z (المقاومة الكلية للتيار المتردد وتقاس بالأوم) وتضم R و X_L و X_C معاً. وإذا وجدت مقاومة منفردة فإن قيمتها الأومية تساوي Z مباشرة. تجمع المعاوقات في التوصيل على التوالي والتوصيل على التوازي بطرق مختلفة. قارن هذا باللوحتين التاليتين (٣٩ و ٤٠).

(٥) يمكن تصور الملفات ذات مقاومة الموصل والمقاومة الحثية كتوصيل على التوالي مكون من R و X_L لأننا نجد بالقياس أن $Z = U \div I$ أكبر من $R = U \div I$ (لتأثير الحديد انظر اللوحة (٣٩) والدائرة المكافئة للتوصيل على التوالي انظر اللوحة (٤٠). تؤدي التغيرات في دائرة الملف المغنطيسية إلى تغير استهلاك التيار المتردد.

(٢) المقاومات الفعالة هي: مقاومة الموصلات: $R = \rho \cdot l/A$ والمقاومات المكافئة في الاستخدام الميكانيكي للمغنطيسيات وفقد التيار الدوامي وفقد العكس المغنطيسي وفقد العازل الكهربائي (السحب الإضافي للتيار) وكذلك فقد نتيجة إزاحة التيار (وهي مقاومة إضافية).

(٣) تعمل المفاعلتان X_L و X_C لنصف الوقت كمنع للجهد عندما تمر تياراً مضاداً لاتجاه الجهد. وهي تعيد الطاقة الكهربائية المأخوذة مرتين في الدورة إلى الشبكة. لا يعطي التيار المفاعل المراح عن الجهد U بزاوية 90° أية قدرة للحمل ولكنه يسخن خطوط التغذية الموصلة على التوالي.

من أين أتت الصيغ الرياضية لكل من X_L و X_C ؟ يعطي ملف محاثته L أقصى جهد له U_{max} عند أكبر تغير في التيار. ويعطي مكثف سعته C أكبر تيار له I_{max} عند أكبر تغير للجهد. وبالقسمة على $\sqrt{2}$ والتبديل نحصل على:

$$L = \frac{U}{\Delta I/t} = \frac{U_{\text{max}}}{\omega I_{\text{max}}} = \frac{U}{\omega I} \rightarrow \frac{U}{I} = \omega L$$

$$C = \frac{I}{\Delta U/t} = \frac{I_{\text{max}}}{\omega U_{\text{max}}} = \frac{I}{\omega U} \rightarrow \frac{U}{I} = \frac{1}{\omega C}$$

تقريبات

المقاومة الفعالة

تطبق عليها قوانين التيار المستمر .

ملاحظة : تختلف المقاومة للتيار المستمر عن المقاومة الفعالة للتيار المتردد في المقدار في حالة الملفات ذات القلب الحديدي المقفل وعند وجود التيارات الدوامية أو نتيجة لتغير التيار .
المفاعلة الحثية X_L .

(ملف ذو مقاومة فعالة صغيرة يمكن إهمالها)

٣٨ - ١ احسب المفاعلة X_L بالأوم ملف ذي محاطة قدرها 0,3 H للترددات الآتية :

(أ) 5 Hz (ب) 50 Hz (ج) 800 Hz (د) 10 kHz (هـ) 50 kHz

طريقة الحل : $X_L = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L$

٣٨ - ٢ ما مقدار مفاعلة ملف محاطته 2,5 H لترددات الشبكة التالية :

(أ) 50 Hz (ب) $16\frac{2}{3}$ Hz (ج) 60 Hz (د) 400 Hz (هـ) 1,5 kHz

٣٨ - ٣ تعتمد مفاعلة الملف على الحاطة وعلى تردد الشبكة . احسب القيم الناقصة بالجدول :

	أ	ب	ج	د
الحاطة	2 H	14 mH	?	0,5 H
تردد الشبكة	50 Hz	50 Hz	50 Hz	?
التردد الزاوي	?	?	?	5000/s
المفاعلة	?	?	100 Ω	?

٣٨ - ٤ ملف ذو قلب حديدي مقفل $A = 1600 \text{ mm}^2$ منها $A = 1500 \text{ mm}^2$ صاح محولات (للاطلاع على المنحنى الخاصي بين B و H انظر اللوحة ٣٢) . والطول المتوسط للقلب 500 mm وعدد لفاته هو 500 لفة .

احسب الحاطة L ومفاعلتها X_L للتردد 50 Hz في الحالات التالية :

(أ) عند تيار تحميل قدره 0,2 A .
(ب) عند تيار تحميل قدره 1 A .
(ج) عند تيار تحميل قدره 2,2 A ماهي النتيجة المستفادة؟

الحل للجزء (أ) : $X_L = ? \Omega$; $L = ? \text{ H}$; $I = 0,2 \text{ A}$;

$A = 1500 \text{ mm}^2$; $l = 500 \text{ mm}$; $N = 500$; $\omega = 314/\text{s}$

$X_L = \omega \cdot L = 314/\text{s} \cdot 2,25 \text{ H} = 707 \Omega$

$L = N^2 \cdot \frac{A}{l} = 500^2 \cdot 9 \cdot 10^{-6} \text{ H} = 2,25 \text{ H}$

$\Lambda = \mu \cdot A / l = 3 \cdot 1500 / 500 \mu\text{H} = 9 \mu\text{H}$

$\mu = B \div H = 0,6 \text{ T} \div 0,2 \text{ A/mm} = 3 \mu\text{H/mm}$

قيمة B المناظرة لقيمة H هي 0,6 T (من المنحنى الخاصي ①)

$H = I \cdot N / l = 0,2 \cdot 500 / 500 \text{ A/mm} = 0,2 \text{ A/mm}$

٣٨ - ٥ إذا احتوى الملف نفسه على ثغرتين هوائيتين مقدار

كل منهما 5 mm (يستخدم المقطع الكامل 1600 mm^2 ويهمل

المجال المغنطيسي في الحديد) . (أ) احسب الحاطة والمفاعلة .

(ب) هل تعتمد المفاعلة الحثية X_L هنا على التيار أيضاً؟

٣٨ - ٦ ملف مغنطيسي ذو ثغرة هوائية محاطته قدرها 100 mH .

ما هو التيار الذي يسحبه إذا وصل بمجهود جيبي متردد قدره

220 V/50 Hz . (يجب إهمال المقاومة الفعالة R) .

٣٨ - ٧ يسمح بتحميل ملف محاطته 0,25 H (R صغيرة جداً)

بتيار 1,2 A . ماهو الجهد المتردد المسموح بتوصيله في الحالات

التالية : (أ) عند 50 Hz (ب) عند 1 kHz (ج) $16\frac{2}{3}$ Hz ؟

٣٨ - ٨ وصلت فتيلة تسخين ذات مقاومة $R = 55 \Omega$

(X_L صغيرة جداً) وملف مغنطيسي مفاعلتها الحثية

$X_L = 29,3 \Omega$ (R صغيرة جداً) على التوازي كحمل بمجهود متردد

220 V (انظر الشكل) .

(أ) احسب التيار I المار في المقاومة R . ما مقدار زاوية

الإزاحة الطورية بين الجهد U والتيار I_1 ؟

(ب) احسب التيار I_2 المار في المفاعلة الحثية X_L وما هو

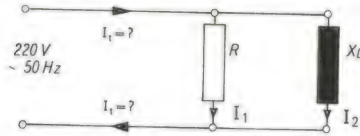
مقدار زاوية الإزاحة الطورية بين الجهد U والتيار I_2 ؟

(ج) ماهي شدة التيار الكلية التي يحمل بها خط التغذية

المشترك ؟

إجمع بالرسم متجهات القيم الفعالة .

(د) دقق النتيجة حسابياً بواسطة نظرية فيثاغوراس .



المفاعلة السعوية X_C

مثال :

احسب المفاعلة السعوية X_C لمكثف سعته 0,5 μF وتردد شبكة

قدره 5 kHz .

$$C = 0,5 \mu\text{F} = \frac{0,5}{10^6} \text{ F} ; \omega = 2\pi \cdot f = 31400 \frac{1}{\text{s}}$$

الحل :

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{31400 \cdot 0,5/10^6} = \frac{1000000 \Omega}{31400 \cdot 0,5} = 63,8 \Omega$$

٣٨ - ٩ احسب المفاعلة السعوية X_C لنفس المكثف السابق

وترددات الشبكة التالية : (أ) 50 Hz (ب) 800 Hz

(ج) 20 kHz (د) 0,1 MHz (هـ) 0,6 MHz (و) 5 MHz

٣٨ - ١٠ احسب القيم الناقصة بالجدول :

	أ	ب	ج	د
السعة C	10 μF	600 pF	1 μF	?
تردد المنبع f	50 Hz	100 kHz	?	50 Hz
التردد الزاوي ω	?	?	?	?
المفاعلة السعوية X_C	?	?	9,5 k Ω	100 Ω

٣٨ - ١١ اوجد قيمة التيار المتردد الذي تقررته المكثفات التالية

عند 220 V/50 Hz :

(أ) 100 μF (ب) 8 μF (ج) 0,1 μF (د) 300 nF

(هـ) 5 nF (و) 60 pF .

٣٨ - ١٢ إذا وصلت المقاومة الفعالة $R = 76 \Omega$ ومكثف مفاعلتها

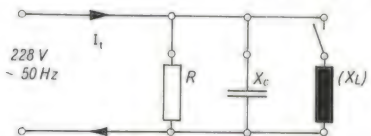
السعوية $X_C = 57 \Omega$ على التوازي كحمل على 228 V/50 Hz ،

ما مقدار كل من : (أ) التيار I_1 المار خلال المقاومة R .

(ب) التيار I_2 المار خلال المفاعلة السعوية X_C . (ج) اجمع

المتجهين للحصول على التيار الكلي I_1 . (د) دقق ذلك حسابياً

بواسطة نظرية فيثاغوراس .



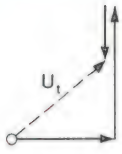
٣٨ - ١٣ في المسألة السابقة إذا ماوصلت المفاعلة الحثية

$X_L = 57 \Omega$ بالإضافة إلى المقاومة R والمفاعلة السعوية X_C (انظر

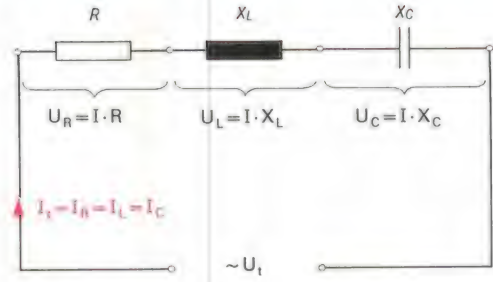
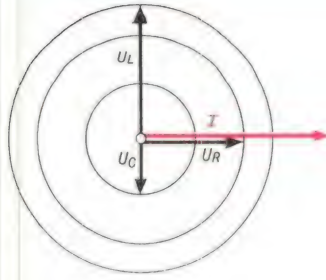
الرسم السابق) . ارسم المتجه المحصل I_R للتيارات الجزئية

(الفرعية) الثلاثة .

الرسم التخطيطي للدائرة ومخطط المتجهات



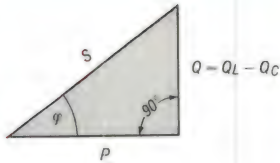
الجهود الكلي كحاصل
جمع (محصلة) المتجهات



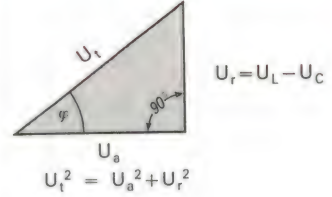
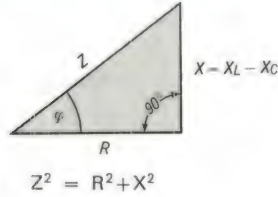
(٢) بوضع متجهات الجهود متصلة ببعضها ينتج مثلث الجهود الجهود مقسومة على التيار I ← تعطي مثلث المقاومة الجهود مضروبة في التيار I ← تعطي مثلث القدرة وبالتناسب الطردي للأضلاع تعطي جميع المثلثات نفس الزاوية φ (بين U_t و I).

(١) تسري نفس كمية التيار I في جميع أجزاء دائرة التوالي. وتتوزع الجهود على المعاوقات تبعاً للقيمة والعلاقة الطورية أما بالنسبة للتيار I فيجب أن يكون الجهد بين طرفي المفاعلة الحثية X_L متقدماً عليه، والجهد بين طرفي المفاعلة السعوية X_C متأخراً عنه.

مثلثات الجهود والمقاومة والقدرة



S, P, Q
(أنظر اللوحة ٤١)

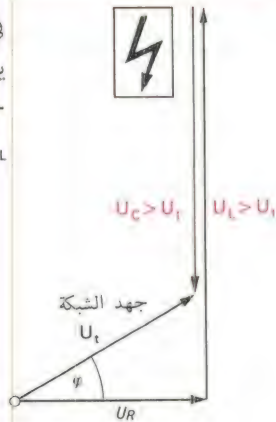


$U_r = U_t \cdot \sin \varphi$: الجهد المفاعل U_r
$U_a = U_t \cdot \cos \varphi$: الجهد الفعّال U_a
$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$: التيار $I = \frac{U_t}{Z}$ حيث Z

$\sin \varphi = \frac{U_r}{U_t} = \frac{X}{Z} = \frac{Q}{S}$
$\cos \varphi = \frac{U_a}{U_t} = \frac{R}{Z} = \frac{P}{S}$
$\tan \varphi = \frac{U_r}{U_a} = \frac{X}{R} = \frac{Q}{P}$

رنين التوالي

في التوصيل على التوالي يمكن أن يوجد على الملفات والمكثفات جهد شديد الارتفاع إذا كانت $X_C \approx X_L$ والمقاومة R صغيرة نسبياً.



تنشأ بين الملف والمكثف دائرة تذبذب يكون فيها جهد المكثف U_C مزاحاً بمقدار 180° عن الجهد الحثي U_L .

معاوقة التيار المتردد (~) في الملفات

يكون للملفات ذات القلوب الهوائية مقاومة توصيل R ومُحَاثَة L حيث: $L = N^2 \cdot \Lambda$. تعتمد معاوقة التيار المتردد Z على التردد وهي أكبر من المقاومة R ويبينها التوصيل على التوالي:



عند التوصيل على الجهد المستمر: $R_L = U \div I = Q_{20} \cdot l \div A$
عند التوصيل على الجهد المتردد: $Z_L = U \div I = \sqrt{R_L^2 + X_L^2}$

يتغير كل من μ و Λ و L في القلوب الحديدية المقفلة عند التحميل، أي تتغير المفاعلة الحثية X_L أيضاً تبعاً للمنحنى الخصائصي B و H الخاص بها. ويتطلب ارتفاع درجة حرارة القلب تياراً فعالاً إضافياً (مقاومة على التوازي). وتعتمد معاوقة الملف Z_L على التيار. ويعالج هذا الأمر عن طريق الثغرة الهوائية.

٣٩ - ٣ ملف بدون قلب معاوقته الفعالة قدرها 90Ω ومعاوقته الظاهرية $Z=150 \Omega$ وصل بجهد متردد قدره $220 \text{ V}/50 \text{ Hz}$. احسب :

(أ) المفاعلة الحثية X_L بالأوم (Ω)

(ب) المحاثية L بالهنري (H)

(ج) ارسم مثلث المعاوقة ($1 \text{ mm} \approx 2 \Omega$)

٣٩ - ٤ وصل ملف ذو قلب هوائي بجهد مستمر قدره 6 V

فسحب تيارا قدره $0,5 \text{ A}$ ثم وصل بجهد متردد قدره $24 \text{ V}/50 \text{ Hz}$

فسحب تيارا قدره $1,6 \text{ A}$.

احسب : (أ) R (ب) Z (ج) X_L (د) L

٣٩ - ٥ إذا وصل ملف (مكون من مقاومة $R=150 \Omega$ ومحاثية $L=0,3 \text{ H}$ موصلتين على التوالي) بجهد متردد قدره $220 \text{ V}/50 \text{ Hz}$.

احسب القيم : (أ) X_L (ب) Z (ج) I (د) معامل القدرة

(هـ) معامل المفاعلة ($\sin \phi$)

٣٩ - ٦ وصل ملف ذو قلب هوائي (مقاومته $R=80 \Omega$ ومحاثته

$L=191 \text{ mH}$) بجهد قدره 220 V . احسب تبعا للتردد :

أ	ب	ج	د	هـ
50 Hz	$16^{2/3} \text{ Hz}$	60 Hz	800 Hz	1,5 kHz
$f \text{ (Hz)}$	$\omega \text{ (1/s)}$	$X_L \text{ (}\Omega\text{)}$	$Z \text{ (}\Omega\text{)}$	$I \text{ (A)}$
?	?	?	?	?
?	?	?	?	?
?	?	?	?	?
?	?	?	?	?
?	?	?	?	?
?	?	?	?	?
?	?	?	?	?
?	?	?	?	?

٣٩ - ٧ يسحب ملف بدون قلب حديدي تيارا قدره 2 A سواء

عند التوصيل بجهد مستمر قدره 20 V أو بجهد متردد قدره

$90 \text{ V}/50 \text{ Hz}$ ما مقدار محاثته L ؟

٣٩ - ٨ وصل ملفان متشابهان على التوالي وبيانات كل منهما

هي : المفاعلة الحثية $X_L=20 \Omega$ والمقاومة $R=10 \Omega$.

احسب : (أ) R_t (ب) X_t (ج) Z_t .

٣٩ - ٩ وصلت المقاومتان الفعالتان : $R_1=10 \Omega$ و $R_2=12 \Omega$ مع

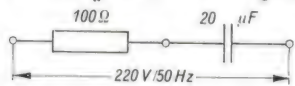
الملفين : $X_1=30 \Omega$ و $X_2=15 \Omega$ على التوالي بجهد متردد قدره

220 V (-). احسب المعاوقة الكلية Z_t والتيار I .

التوصيل على التوالي مع المفاعلة السعوية X_C :

٣٩ - ١٠ دَوِّن قيم القياس للدائرة المبينة في جدول . انظر المثال

الحلول السابق .



دَوِّن في جدول جميع قيم القياس للدوائر التالية المتصلة على

التوالي بجهد متردد قدره $220 \text{ V}/50 \text{ Hz}$ في المسائل التالية :

٣٩ - ١١ تتكون الدائرة من مقاومة $R=44 \Omega$ ومفاعلة حثية

$X_L=55 \Omega$ ومفاعلة سعوية $X_C=22 \Omega$.

٣٩ - ١٢ تتكون الدائرة من مقاومة $R=100 \Omega$ ومحاثية $L=800 \text{ mH}$

ومكثف سعته $C=25 \mu\text{F}$.

٣٩ - ١٣ تتكون الدائرة من مقاومة $R=40 \Omega$ ومحاثية $L=500 \text{ mH}$

ومكثف سعته $C=20 \mu\text{F}$.

(تطرح قيم المفاعلات ويحدث الرنين عند : $X_L \approx X_C$)

٣٩ - ١٤ ملف محاثته $L=4 \text{ H}$ ومكثف سعته $C=25 \mu\text{F}$. عين تردد

الرنين أي ذلك التردد الذي يكون عنده $\omega L = \frac{1}{\omega C}$.

ملاحظات :

(١) تنطبق قواعد التوصيل للتيار المستمر على دوائر التيار

المتردد أيضا على أن تراعى الفروق التالية البالغة الأهمية :

(٢) لا تجمع القيم الفعالة (والمستنتج منها قيم المعاوقة

والقدرة) كأعداد وإنما كمتجهات .

(٣) يسمح بالآتي :

الجمع العددي عندما تكون المتجهات في اتجاه واحد والطرح

العددي عندما تكون الاتجاهات متضادة والحساب بواسطة

نظرية فيثاغوراس عندما تكون الزاوية $\phi=90^\circ$.

(٤) انتبه إلى وحدات القدرة :

القدرة الفعالة $P (W = \text{واط})$. أنظر اللوحة (٤١) .

والقدرة المفاعلة $Q (VA = \text{مفاعل} = \text{واط مفاعل})$

القدرة الظاهرية $S (VA = \text{قوْلط أمبير})$.

توصيل المقاومة R والمفاعلة الحثية X_L على التوالي :

مثال : بالتوصيل على التوالي في التيار المتردد يمر نفس التيار

$I_{\text{eff}}=2 \text{ A}$ وتتكون دائرة التوصيل على التوالي من مقاومة فعالة R

(أعطى قياس الجهد $U_{\text{eff}}=40 \text{ V}$) ، ومن مفاعلة حثية X_L

(أعطى قياس الجهد $U_{\text{eff}}=30 \text{ V}$) .

احسب جميع قيم الدائرة .

الحل : $I = 2 \text{ A}$; $U_R=40 \text{ V}$ ($\phi_R=0^\circ$); $U_L=30 \text{ V}$ ($\phi_L=90^\circ$)

$$U_t = \sqrt{U_R^2 + U_L^2} = \sqrt{(40 \text{ V})^2 + (30 \text{ V})^2} = 50 \text{ V}$$

$$R = U_R \div I = 40 \text{ V} \div 2 \text{ A} = 20 \Omega$$

$$X_L = U_L \div I = 30 \text{ V} \div 2 \text{ A} = 15 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{(20 \Omega)^2 + (15 \Omega)^2} = 25 \Omega$$

$$P = U_R \cdot I = 40 \text{ V} \cdot 2 \text{ A} = 80 \text{ W}$$

$$Q_L = U_L \cdot I = 30 \text{ V} \cdot 2 \text{ A} = 60 \text{ var}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q_L^2} = \sqrt{(80 \text{ W})^2 + (60 \text{ var})^2} = 100 \text{ VA}$$

البرهان : (إذا طبقت الصيغ الرياضية مباشرة فإنه يلزم

حساب جذر واحد فقط كما يلي) :

$$Z = U_t \div I = 50 \text{ V} \div 2 \text{ A} = 25 \Omega$$

$$S = U_t \cdot I = 50 \text{ V} \cdot 2 \text{ A} = 100 \text{ VA}$$

$$\cos \phi = \frac{U_R}{U_t} = \frac{40}{50} = \frac{R}{Z} = \frac{20}{25} = \frac{P}{S} = \frac{80}{100} = 0,8$$

قيمة الزاوية ϕ (الواقعة بين التيار I والجهد U_t) $= 37^\circ$

ϕ	$S(VA)$	$I(A)$	$U(V)$	$Z(\Omega)$	(على التوالي)
0°	80	2	40	20	R
90°	60	2	30	15	X_L
37°	100	2	50	25	النتائج

ملاحظة : يسمح الحل في شكل جدول بتوفير الوقت وبنظرة

شاملة وتحققا من الحسابات طبقا لطريقة الكليات المتقاطعة

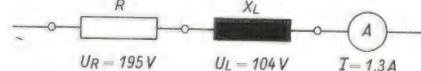
(احسب أفقيا : $S=U \cdot I$ و $Z=\frac{U}{I}$ واحسب رأسيا في مثلث

المتجهات عند زاوية $\phi=90^\circ$ باستعمال نظرية فيثاغوراس) .

تمرينات :

٣٩ - ١ دَوِّن قيم القياس للدائرة التالية في جدول مناظر للمثال

السابق .

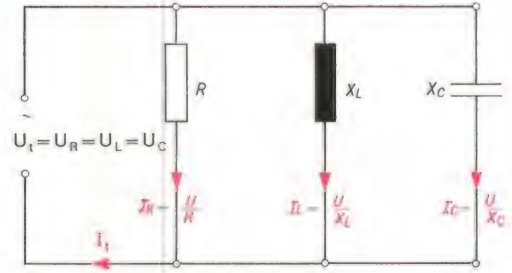
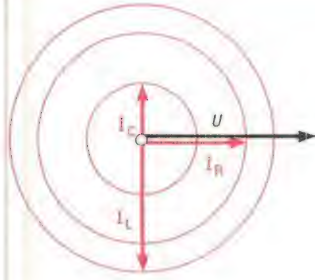


٣٩ - ٢ ما مقدار المعاوقة Z للفيعة ملف ذات مقاومة فعالة

$R=60 \Omega$ ومفاعلة حثية $X_L=80 \Omega$ حل بالحساب والرسم .

الرسم التخطيطي للدائرة ومخطط المتجهات

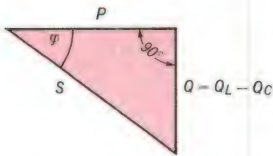
التيار الكلي =
محصول المتجهات



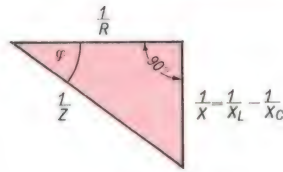
(٢) ينتج وضع متجهات التيار متصلة ببعضها البعض مثلث التيار.
شدة التيارات مقسومة على U تعطي مثلث الموصلية
شدة التيارات مضروبة في U تعطي مثلث القدرة
عندما تكون الأضلاع متناسبة طردياً تكون لجميع المثلثات
نفس الزاوية ϕ (بين U و I_t).

(١) في التوصيل على التوازي تكون جميع المعاوقات متصلة على نفس الجهد.
تتوزع التيارات في المعاوقات تبعاً لقيمتها وللوضع الطوري بينها. وبالنسبة للجهد يجب أن يكون التيار متأخراً عنه في المفاعلة الحثية X_L ومتقدماً عليه في المفاعلة السعوية X_C .

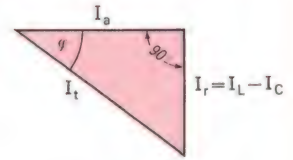
مثلثات التيار والقدرة ومقلوب المقاومة



S, P, Q (أنظر اللوحة ٤١)



$$\left(\frac{1}{Z}\right)^2 = \left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X}\right)^2$$



$$I_t^2 = I_R^2 + I_L^2$$

$I_r = I_t \sin \phi$
$I_a = I_t \cos \phi$
$\frac{1}{Z} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}$

التيار المفاعل I_r :
التيار الفعال I_a :
حيث $I_t = U \cdot \frac{1}{Z}$

$\sin \phi = \frac{I_r}{I_t} = \frac{Z}{X} = \frac{Q}{S}$
$\cos \phi = \frac{I_a}{I_t} = \frac{Z}{R} = \frac{P}{S}$
$\tan \phi = \frac{I_r}{I_a} = \frac{R}{X} = \frac{Q}{P}$

رنين التوازي



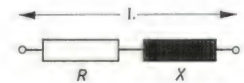
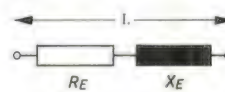
يمكن في التوصيلات على التوازي أن تسحب الملفات والمكثفات تياراً كبيراً، إذا كانت $X_C \approx X_L$ والمقاومة R كانت التوازي كبيرة (أي I_R صغيرة).

التوصيلات المركبة (المختلطة)

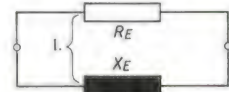
يمكن استبدال توصيلات التيار المتردد على التوالي بتوصيلات تيار متردد على التوازي (لها نفس قيمة Z و ϕ) وبالعكس. وهكذا يمكن حل التوصيلات المركبة (المختلطة) على خطوات كالآتي:



يمكن استبدال الدائرة السابقة بالدائرة التالية:



يمكن استبدال الدائرة السابقة بالدائرة التالية:



تطبق الصيغ التالية في كلتا الحالتين:

تستنتج Z^2 من الدائرة الأولى

$$R_E = Z^2 \div R$$

$$X_E = Z^2 \div X$$

تنشأ بين الملف والمكثف دائرة رنين يكون فيها I_C مزاحاً بمقدار 180° عن I_L .

الحل : (انظر أسفل الجدول لحل المعاوقات على التوازي)

على التوازي	Z(Ω)	U(V)	I(A)	S(VA)	φ
X_L	44	220	5	1100	+90°
X_C	110	220	2	440	-90°
X	73	220	3	660	+90°
R	55	220	4	880	0°
الناح	44	220	5	1100	37°

$$X = \frac{X_C \cdot X_L}{X_C - X_L} = \frac{110 \Omega \cdot 44 \Omega}{110 \Omega - 44 \Omega} = 73 \Omega$$

$$Z = \frac{X \cdot R}{\sqrt{X^2 + R^2}} = \frac{73 \Omega \cdot 55 \Omega}{\sqrt{(73 \Omega)^2 + (55 \Omega)^2}} = 44 \Omega$$

دَوْن قيم القياس في جدول عند التوصيل على 220 V/50 Hz لاتصال التوازي التالي :

٤٠ - ٥ تتكون الدائرة من مقاومة $R=100 \Omega$ ومفاعلة سعوية $X_C=100 \Omega$

٤٠ - ٦ تتكون الدائرة من مفاعلة حثية $X_L=50 \Omega$ ومفاعلة سعوية $X_C=55 \Omega$

٤٠ - ٧ تتكون الدائرة من مقاومتين $R_1=200 \Omega$, $R_2=50 \Omega$ ومفاعلة سعوية $X_C=100 \Omega$

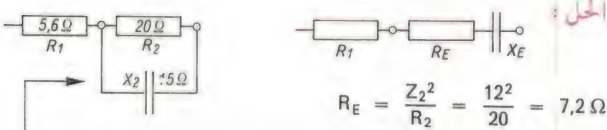
٤٠ - ٨ تتكون الدائرة من مقاومة $R=80 \Omega$ ومفاعلة حثية $X_L=100 \Omega$ ومفاعلة سعوية $X_C=150 \Omega$

٤٠ - ٩ تتكون الدائرة من مقاومة $R=55 \Omega$ ومفاعلة حثية $X_L=40 \Omega$ ومفاعلة سعوية $X_C=40 \Omega$

٤٠ - ١٠ عند أي تردد يكون الملف $L=80 \text{ mH}$ والمكثف $C=2 \mu\text{F}$ في دائرة تذبذب علماً بأن $Z=\infty$ صفراً في التوصيل على التوالي أو $Z=0$ في التوصيل على التوازي؟

التوصيلات المركبة (المختلطة) :

مثال : (للتوصيل على التوالي المكافئ) : احسب ماييلي للدائرة التالية الموصلة على 220 V (أ) المعاوقة Z (ب) التيار I (ج) التيارين الجزئيين .



$$Z_2 = \frac{20 \cdot 15}{\sqrt{20^2 + 15^2}} = 12 \Omega \quad X_E = \frac{Z_2^2}{X_2} = \frac{12^2}{15} = 9,6 \Omega$$

$$Z_1 = \sqrt{(R_1 + R_E)^2 + X_E^2} = \sqrt{(12,8 \Omega)^2 + (9,6 \Omega)^2} = 16 \Omega$$

$$I_1 = U_1 \div Z_1 = 220 \text{ V} \div 16 \Omega = 13,7 \text{ A} \quad (ب)$$

$$U_2 = I_1 \cdot Z_2 = 13,7 \text{ A} \cdot 12 \Omega = 164 \text{ V} \quad (ج)$$

$$I_{R2} = U_2 \div R_2 = 8,2 \text{ A}; \quad I_{X2} = U_2 \div X_2 = 10,9 \text{ A}$$

٤٠ - ١١ إذا وصل سلك مقاومته $R=5,83 \Omega$ على التوالي مع التوصيل على التوازي المكون من $R=30 \Omega$ و $X_L=16 \Omega$ احسب للجهد المتردد $U_1=220 \text{ V}$ كلا من :
(أ) Z_1 (ب) I_1 (ج) التيار الجزئية .

٤٠ - ١٢ إذا وصل المكثف $X_C=43,3 \Omega$ على التوازي مع ملف $X_L=15 \Omega$ (ومقاومته $R=10 \Omega$ موصلة على التوالي) على تيار متردد جهده $U=220 \text{ V}$ احسب : (أ) Z_1 (ب) I_1 (ج) التيار الجزئية .

يصلح استعمال الصيغة الرياضية لضرب وجمع مقاومتين على التوازي (انظر اللوحة ٢٧ (٤)) وأيضا في حالة التيار المتردد ~ ، إذا تم الجمع طبقا لنظرية فيثاغوراس .

توصيلات R و X_L على التوازي
مثال :

إذا وصلت على جهد ~ $U_{\text{eff}}=60 \text{ V}$ المقاومة الفعالة $R=20 \Omega$ ، المفاعلة الحثية $X_L=15 \Omega$ على التوازي . احسب جميع قيم الدائرة . يعمل الحل على هيئة جدول :

على التوازي	Z(Ω)	U(V)	I(A)	S(VA)	φ
R	20	60	3	180	0°
X_L	15	60	4	240	90°
الناح	12	60	5	300	53°

$$I = \frac{Z}{U}, \quad S = U \cdot I \quad \text{من :}$$

احسب رأسيا بمثلثات المتجهات كما يلي :

$$I_1 = \sqrt{I_R^2 + I_L^2} = \sqrt{(3 \text{ A})^2 + (4 \text{ A})^2} = 5 \text{ A}$$

$$Z = \frac{R \cdot X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} = \frac{20 \Omega \cdot 15 \Omega}{\sqrt{(20 \Omega)^2 + (15 \Omega)^2}} = 12 \Omega$$

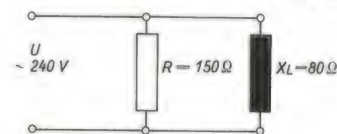
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(180 \text{ W})^2 + (240 \text{ var})^2} = 300 \text{ VA}$$

$$\cos \varphi = \frac{I_R}{I_1} = \frac{Z}{R} = \frac{P}{S} = 0,6; \quad \varphi = 53^\circ$$

لاحظ مقلوب القيم للمقاومات عند حساب Z و $\cos \varphi$.

تمرينات :

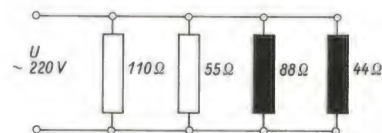
٤٠ - ١ المطلوب عمل جدول للدائرة التالية بجميع قيم القياس (انظر المثال أعلاه) .



٤٠ - ٢ إذا وصل ملف مغنطيسي ذو $L=0,6 \text{ H}$ ومقاومة فعالة صغيرة يمكن إهمالها على التوازي مع فتيلة تسخين ذات $R=220 \Omega$ وعلى جهد متردد 220 V/50 Hz احسب التيار الكلي في خط التغذية :

(أ) بواسطة رسم مثلث التيار .
(ب) عن طريق جمع متجهات التيارات طبقا لنظرية فيثاغوراس .

(ج) طبقا لقانون أوم بواسطة المعاوقة الكلية Z المحسوبة سابقا .
يجب أن تؤدي جميع الحلول إلى نفس النتيجة .
٤٠ - ٣ احسب التيار المسحوب والمعاوقة الكلية للدائرة التالية :

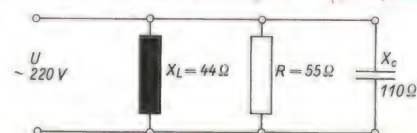


٤٠ - ٤ احسب المعاوقة الكلية Z للتوصيل على التوازي المكون من المقاومات التالية $X_L=50 \Omega$, $R_1=100 \Omega$, $R_2=150 \Omega$

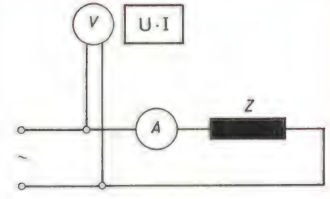
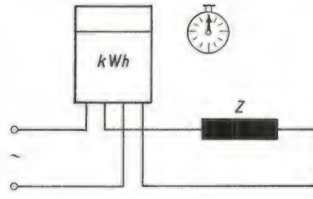
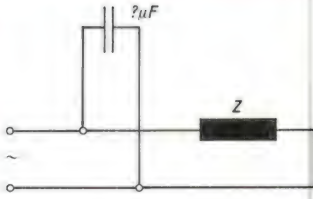
(إرشاد للحل : احسب أولا R_1 ثم Z_1)

توصيلات التوازي المحتوية على X_C :

مثال : احسب قيم القياس للدائرة طبقا للجدول التالي :



أنواع القدرة للتيار المتردد S و P و Q .



يمكن نقل القدرة المفاعلة ولكن لا يستفاد منها بل تتراوح دون فائدة بين الحمل ومنبع الجهد. ويلزم معادلتها وهي :

القدرة الفعالة هي القيمة المستفاد من المؤثرة التي يمكن تحويلها إلى طاقة أخرى كما يمكن قياسها بواسطة واطمتر أو عداد ويدفع المقابل لزمن استهلاكها وهي :

يتوقف تسخين الموصل على التيار الفعال I_{eff} بغض النظر عن العلاقة الطورية. ويكون إنتقاء الموصل والمصهر طبقا للقدرة الظاهرية الموصلة وهي :

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \text{ (var)}$$

$$C = \frac{Q}{\omega \cdot U^2} \cdot 10^6 \text{ (}\mu\text{F)}$$

$$P = \frac{n \cdot 60 \cdot 1000}{C_c} \text{ (W)}$$

$$W = P \cdot t \text{ (kWh = kW} \cdot \text{h)}$$

$$S = U \cdot I \text{ (VA)}$$

$$I = \frac{S}{U} \text{ (A) لأجل المصهر}$$

نظرة عامة وتعريف

القدرة الظاهرية (S)	$S = U \cdot I$ (قوْلط أمبير (VA))	لها أهمية لتصميم أبعاد الموصلات إذ إن U و I موجودتان فعلا في الموصل .
القدرة الفعالة (P)	$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ (واط (W))	تتحول القدرة المستهلكة بواسطة الحمل إلى حرارة مفقودة أو حرارة مستفاد أو ضوء أو قوة .
القدرة المفاعلة (Q)	$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$ (مفاعل (var))	هي الجزء غير المؤثر من القدرة والذي تعيده المفاعلات إلى الشبكة ثانية .
مثلثات القدرة للمقدرات S و P و Q	$S^2 = P^2 + Q^2$ (مثلث قائم الزاوية)	تنطبق الصيغ التالية على جميع التوصيلات : $\cos \varphi = \frac{P}{S}$; $\sin \varphi = \frac{Q}{S}$; $\tan \varphi = \frac{Q}{P}$
معامل القدرة $\cos \varphi$	معامل القدرة القدرة الفعالة القيمة الكلية للقدرة $\cos \varphi$	للتوصيل على التوالي : $\frac{R}{Z} = \frac{U_a}{U_t} = \frac{P}{S}$ وللتوصيل على التوازي : $\frac{Z}{R} = \frac{I_a}{I_t} = \frac{P}{S}$

معادلة القدرة المفاعلة :

٢ - القدرة المفاعلة الموصلة يمكن تعيينها بواسطة الصيغة $S = U \cdot I$. وتقاس القدرة الفعالة P من العداد :
(أ) بواسطة مثلث القدرة. (تؤخذ S بواسطة الفرجار)

(ب) تبعا لنظرية فيثاغوراس : $Q = \sqrt{S^2 - P^2}$
(ج) بواسطة الزاوية φ ($\cos \varphi = \frac{P}{S}$) ، ومنها تستنتج φ وكذلك $Q = S \cdot \sin \varphi$.

٤ - قبل التوصيل الفعلي يمكن حساب كل من Q وقيمة مكثف التعادل .

$$Q_L = \frac{U_L^2}{X_L} = \frac{U_L^2}{\omega L}$$

$$Q_C = \frac{U_C^2}{X_C} = U_C^2 \cdot \omega C$$

$$C = \frac{Q_C}{\omega \cdot U_C^2} \text{ : سعة المكثف (بالفاراد)}$$

١ - القدرة الكلية $U_{eff} \cdot I_{eff}$ ويستهلكها الحمل فقط إذا ما سرى التيار دائما في اتجاه الجهد، كما في أجهزة التسخين والمصابيح المتوهجة على سبيل المثال. على ذلك تكون زاوية $\varphi = 0^\circ$ وبالتالي $\cos \varphi = 1$. ويبين معامل القدرة $\cos \varphi$ الجزء المؤثر المأخوذ ويقل عند وجود تبادل للقدرة المفاعلة .

٢ - القدرة المفاعلة للملف والتي لا يمكن تفاديها بل يمكن معادلتها بواسطة القدرة المفاعلة لمكثف موصل على التوالي أو على التوازي .

وتزيد المكثفات الموصلة على التوازي التيار في خط التغذية في حين تخفضه المكثفات الموصلة على التوالي . وعند توصيل مكثف على التوازي يحتمل التيار المفاعل ($I \cdot \sin \varphi$) على خط التوصيل بين الملف والمكثف فقط في دائرة التذبذب .

٤١- ٨ يتم تشغيل محرك غسالة كهربائية بمعطيات لوحة القدرة :

$\cos \varphi = 0,7$; $3,5 \text{ A}$; 50 Hz ; 220 V لمدة $4\frac{1}{2} \text{ h}$ بالحمل الإسمي .
احسب تكلفة الطاقة (للمحرك فقط) إذا بلغ سعر الطاقة $0,12 \text{ SR/kWh}$.

٤١- ٩ قيس على لوحة التوزيع بمحطة تغذية بالتيار المتردد القيم التالية : $U=125 \text{ V}$, $I=32 \text{ A}$; $\cos \varphi=0,84$
(أ) احسب قراءة الواطمتر . (ب) ما مقدار الزيادة التي تبينها قراءة العداد بعد زمن تشغيل قدره 7 min ؟

٤١- ١٠ إذا بين عداد القدرة الفعالة في كابينة القياس لمحطة محولات استهلاكاً قدره $W=648 \text{ kWh}$ بعد 8 h من التشغيل وبيّن عداد القدرة المفاعلة $W_r=576 \text{ kvarh}$. احسب معامل القدرة .
٤١- ١١ يبلغ معامل القدرة عند التحميل الإسمي لمحرك تيار متردد يعمل بجهد قدره 220 V ، $\cos \varphi=0,67$. وبعد 25 min من تشغيل المحرك بالتحميل الإسمي بينت قراءة العداد زيادة من $174,250 \text{ kWh}$ إلى $174,475 \text{ kWh}$.

ما مقدار التيار المار في خط تغذية المحرك ؟

٤١- ١٢ سحب حمل تياراً متردداً قدره 12 A عند التوصيل بجهد قدره 165 V ونتيجة لذلك دار قرص العداد ذو الثابت $C_e=750 \text{ r/kWh}$ أربع مرات في 24 ثانية . عيّن بواسطة هذه المعطيات معامل القدرة .

ملاحظات :

الدوائر المكافئة للملف :

(١) ترتفع المقاومة عند وجود مفقودات في النحاس حيث $X_L=\omega \cdot L$ و $R_{cu}=Q \cdot I/A$ يتصلان على التوالي .

(٢) يرتفع التيار المسحوب عند وجود مفقودات في الحديد حيث $X_L=\omega \cdot L$ و $R_{Fe}=U^2 \div P_{Fe}$ يتصلان على التوازي .

(٣) للاطلاع على الدائرة المكافئة للتوصيل المركب (المختلط) (انظر المسألة ٤١- ٢٩) حيث وصلت X_L على التوازي مع R_{Fe} ووصلت R_{cu} معهما على التوالي .

(٤) إذا كانت القيم النهائية المطلوب التوصيل إليها ليست هي القيم الأومية لكل من X_L و R_{cu} وإنما هي القيم

الكهربائية الكلية فقط φ ، Z ، I ، U ، P ، Q ، S فإنه

يسمح بحرية اختيار الدائرة المكافئة المكونة من X_L و R حيث $(P=U \cdot I_a=I \cdot U_a)$.

٤١- ١٣ تسحب لفيفة ذات قلب حديدي موصلة على 220 V ، 50 Hz تياراً 5 A وقدرة فعالة 200 W .

(أ) احسب R لتوصيل التوازي المكافئ $(P=\frac{U^2}{R})$

(ب) احسب R لتوصيل التوالي المكافئ $(P=I^2 \cdot R)$

٤١- ١٤ تتكون لفيفة مغنطيس يعمل بالتيار المتردد من سلك نحاسي طوله 252 m وقطره $1,4 \text{ mm}$ و $\kappa=56 \text{ Sm/mm}^2$ عند $I=6 \text{ A}$ (50 Hz) وتسحب قدرة فعالة قدرها 180 W . احسب :

(أ) المقاومة الأومية للموصل .

(ب) المقاومة الفعالة لتوصيل التوالي المكافئ .

لماذا تختلف النتيجتان ؟

٤١- ١٥ يسحب ملف بدون قلب حديدي عند 50 Hz

($L=0,25 \text{ H}$) تياراً قدره $1,2 \text{ A}$. احسب :

(أ) المفاعلة X_L (ب) القدرة المفاعلة المأخوذة $Q \text{ (var)}$.

ملاحظات :

(١) يمكن حل المسائل التالية بالحساب أو برسم المثلثات :

توقع القدرة الفعالة أفقياً والقدرة المفاعلة رأسياً . وتحدد

القدرة الظاهرية (المقابلة للزاوية القائمة) عند الضرورة

بواسطة الفرجار .

(٢) تصلح مثلثات القدرة لجميع الدوائر بينما تصلح مثلثات

المعاوقة والجهد للتوصيل على التوالي فقط ومثلثات

المواصلة والتيار للتوصيل على التوازي فقط . (للتحويل

إلى التوصيلات المكافئة انظر اللوحة ٤٠)

القدرة في الحمل الحثي

تمرينات :

٤١- ١ احسب بواسطة المعطيات بالجدول :

١- القدرة الظاهرية S

٢- معامل القدرة $\cos \varphi$

أ	ب	ج	د	هـ	و
100 V	40 V	110 V	220 V	24 V	380 V
1,5 A	0,5 A	10 A	0,3 A	2,5 A	1,8 A
120 W	12 W	770 W	40 W	36 W	220 W

٤١- ٢ إذا استهلكت ملفات قواطع التلامس التلقائية

القدرات التالية طبقاً للكتالوج . احسب معاملات القدرة

المناظرة بالجدول التالي :

	أ	ب	ج	د
S عند التحميل	40 VA	150 VA	400 VA	1,2 kVA
P عند التحميل	30 W	100 W	150 W	0,4 kW
$\cos \varphi$ عند التحميل	?	?	?	?
S عند السكون	7,5 VA	18 VA	50 VA	0,1 kVA
P عند السكون	2,5 W	5 W	15 W	0,03 kW
$\cos \varphi$ عند السكون	?	?	?	?

٤١- ٣ احسب القدرة الفعالة P المستهلكة بالواط للقيم الاسمية

المعطاة لمحركات صغيرة تعمل بالتيار المتردد .

أ	ب	ج	د	هـ	و
220	220	220	220	220	220
1,2	1,5	2,7	3,8	4,6	5,8
0,56	0,6	0,62	0,67	0,72	0,75

٤١- ٤ أثناء تشغيل محرك تيار متردد بينت أجهزة القياس القيم

التالية : $U=220 \text{ V}$; $I=6,5 \text{ A}$; $P=1,05 \text{ kW}$

كم كانت قيمة معامل القدرة ؟

٤١- ٥ ما قيمة تيار السكون الذي يمر خلال لفيفة ملف قاطع

تلامس تلقائي ، يسحب قدرة فعالة قدرها 88 W عند التوصيل

بتيار متردد $220 \text{ V} \sim 50 \text{ Hz}$ ومعامل قدرة $\cos \varphi \approx 0,4$.

٤١- ٦ يسحب مصباح فلُوري بياناته $220 \text{ V} / 28 \text{ W}$ ، تياراً $I_1=0,25 \text{ A}$

بدون معادلة . احسب : (أ) معامل القدرة $\cos \varphi_1$ للمصباح

غير المعادل (ب) التيار المسحوب I_2 إذا تمت معادلة المصباح

إلى $\cos \varphi_2=0,8$.

٤١- ٧ صمم موصل تيار متردد ليعمل على جهد قدره 6000 V

وتيار قدره 35 A . ما مقدار القدرة الفعالة التي يمكن نقلها

بمعامل قدرة :

(أ) 0,7 (ب) 0,8 (ج) 0,85 (د) 1,00

٤١ - ٢٣ وُضِّل ملف بدون قلب حديدي ($L = 0,51 \text{ H}$) على جهد متردد 220 V . احسب كلا من الكميات S و I و U و Z ، لتوصيل التوازي المكافئ للترددات :
 أ) 50 Hz ب) $16^{2/3} \text{ Hz}$ ج) 60 Hz د) 800 Hz
 ارسم المثلثات بمقياس رسم مناسب .

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}; I = U \div Z$$

على التوالي	$\cos \varphi$	$S \text{ (VA)}$	$I \text{ (A)}$	$U \text{ (V)}$	$Z \text{ (}\Omega\text{)}$
فعال	1,0	145	1,1	132	120
مفاعل	0,0	194	1,1	176	160
كلي	0,6	242	1,1	220	200

التوصيل على التوازي للجزء (أ) : $I_a = I \cdot \cos \varphi$; $I_r = I \cdot \sin \varphi$

على التوازي	$\cos \varphi$	$S \text{ (VA)}$	$I \text{ (A)}$	$U \text{ (V)}$	$Z \text{ (}\Omega\text{)}$
فعال	1,0	145	0,66	220	333
مفاعل	0,0	194	0,88	220	250
كلي	0,6	242	1,1	220	200

القدرة المفاعلة للمكثف

٤١ - ٢٤ احسب التيار المسحوب عند التوصيل على $220 \text{ V}/50 \text{ Hz}$ لمكثفات ذات القدرات الاسمية التالية :

أ) 1 kvar ب) 2 kvar ج) 5 kvar د) 10 kvar هـ) 25 kvar

٤١ - ٢٥ احسب سعة المكثف (μF) للقدرات الاسمية والجهود الاسمية التالية عند تردد شبكة قدره 50 Hz :

أ	ب	ج	د	هـ
2,5	5	10	25	50
?	?	?	?	?
?	?	?	?	?
?	?	?	?	?

الحل للجزء (أ) (220 V):

$$C = 1/\omega X_C = 10^6 \div (314 \text{ 1/s} \cdot 19,35 \Omega) = 165 \mu\text{F}$$

$$X_C = U^2 \div Q_C = 48 \text{ 400 V}^2 \div 2 \text{ 500 kvar} = 19,35 \Omega$$

٤١ - ٢٦ احسب لسعة قدرها $C = 250 \mu\text{F}$ القدرة الاسمية للمكثف (kvar) ، وللجهود الاسمية وترددات الشبكة التالية :

أ	ب	ج	د	هـ
380	525	1050	3150	5250
?	?	?	?	?
?	?	?	?	?
?	?	?	?	?

الحل للجزء (أ) (50 Hz):

$$Q_C = U^2 \div X_C = 144 \text{ 000 V}^2 \div 12,7 \Omega = 11,3 \text{ kvar}$$

$$X_C = 1/\omega C = 10^6 \div (314 \text{ 1/s} \cdot 250 \text{ F}) = 12,7 \Omega$$

٤١ - ٢٧ وُضِّلَت المكثفات $5 \mu\text{F}$ و $25 \mu\text{F}$ و $50 \mu\text{F}$ على التوالي على $6 \text{ kV}/50 \text{ Hz}$. احسب :

أ) السعة الكلية ب) القدرة المفاعلة الكلية ج) الجهود الفرعية .

٤١ - ١٦ يأخذ ملف ذو قلب حديدي موصل على جهد متردد ذي 50 Hz عند $I = 5 \text{ A}$ ، قدرة فعالة $P = 140 \text{ W}$. وتبلغ مقاومة التوصيل للفيقة الملف $R_{Cu} = 4 \Omega$. احسب :

أ) المقاومة الفعالة R لتوصيل التوالي المكافئ

ب) فقد القدرة $P_{Cu} = I^2 \cdot R_{Cu}$ في السلك النحاسي .

ج) القدرة اللازمة للقلب الحديدي $P_{Fe} = P - P_{Cu}$

٤١ - ١٧ تبلغ مقاومة الموصل للملف ذي قلب مصمم للتيار المتردد 5Ω وتبلغ محاثته $0,3 \text{ H}$ ويمكن إهمال فقد الحديد عند التوصيل على $220 \text{ V}/50 \text{ Hz}$.

أ) احسب I و P عند التوصيل بجهد مستمر 220 V .

ب) احسب I و P عند التوصيل بجهد متردد $220 \text{ V}/50 \text{ Hz}$.

ج) ما هي النتيجة المستفادة من مقارنة التيار المسحوب في الحالتين؟

٤١ - ١٨ يعمل ملف بدون قلب حديدي ($R = 60 \Omega$, $L = 0,255 \text{ H}$) موصل بجهد متردد (\sim) 220 V بالترددات التالية . أكمل الجدول ثم قارن النتائج .

مثال	أ	ب	ج	د
التردد (f)	50 Hz	100 Hz	300 Hz	800 Hz
$X_L = 2 \pi f \cdot L$	80 Ω	?	?	?
$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$	100 Ω	?	?	?
$I = U \div Z$	2,2 A	?	?	?
$S = U \cdot I$	484 VA	?	?	?
$Q = I^2 \cdot X_L$	387 var	?	?	?
$P = I^2 \cdot R$	290 W	?	?	?
$\cos \varphi = P \div S$	0,6	?	?	?

٤١ - ١٩ تعطي لفيفة مغنطيس عند 50 Hz ~ القيم $U = 100 \text{ V}$ ، $P = 30 \text{ W}$; $I = 0,5 \text{ A}$. احسب :

أ) $S \text{ (VA)}$ ب) $Q \text{ (var)}$ ج) $\cos \varphi$ د) $\sin \varphi$ هـ) X_L لتوصيل التوالي المكافئ ($Q = I^2 \cdot X_L$) و X_L لتوصيل التوازي المكافئ ($Q = \frac{U^2}{X_L}$) .

٤١ - ٢٠ ما مقدار الجهد U على طرفي ملف خانق يسحب عند $f = 50 \text{ Hz}$ و $\cos \varphi = 0,5$ تيارا شدته 12 A وقدرة فعالة 1020 W .

٤١ - ٢١ قسم الجهد الكلي U_i لتوصيل توال مكافئ إلى جهد فعال وجهد مفاعل .

أ	ب	ج	د	هـ	و
24	42	110	220	380	500
0,8	—	0,75	0,9	—	0,85
—	0,5	—	—	0,6	—

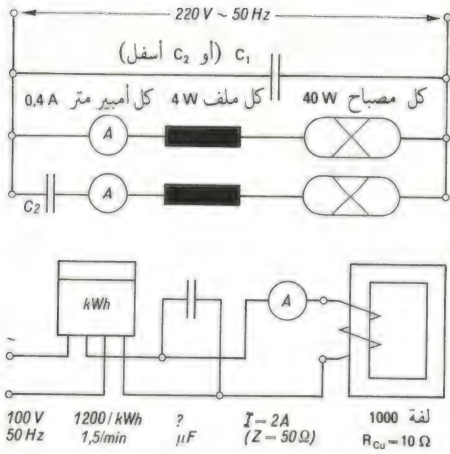
الحل للجزء (أ) :

$$U_a = U_i \cdot \cos \varphi = 24 \text{ V} \cdot 0,8 = 19,2 \text{ V}$$

$$U_r = \sqrt{U^2 - U_a^2} = \sqrt{(24 \text{ V})^2 - (19,2 \text{ V})^2} = 14,4 \text{ V}$$

٤١ - ٢٢ قسم I_i لتوصيل تواز مكافئ إلى تيار فعال وتيار مفاعل .

أ	ب	ج	د	هـ	و
5	0,12	240	2 500	18	32,5
0,8	—	—	0,65	—	0,88
—	0,8	0,55	—	0,65	—



٢٨ - ٤١ يراد معادلة دائرة للمصابيح الفلورية المبينة بالشكل لتصبح $\cos \varphi = 1$.

على هذا الأساس احسب :

أ) معامل القدرة $\cos \varphi$ بدون مكثف

ب) سعة المكثف المطلوب توصيله على التوازي C_1 أو بدلا من ذلك احسب :

ج) سعة المكثف الموصل على التوالي C_2 لتوصيلة مزدوجة (القدرة المفاعلة للمفين).

د) جهد الانهيار للمكثف C_2 .

مثال : احسب للملف ذي القلب الحديدي المبين بالشكل (الكليات المترددة جيبي

الشكل) :

أ) جميع قيم القدرات والمفقودات.

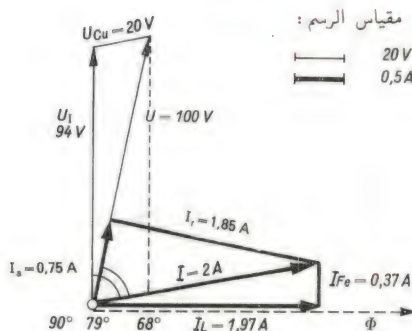
ب) سعة المكثف عند $\varphi = 0^\circ$ مع قيم التيار.

ج) القيم I و U و Z من الرسم التخطيطي المكافئ للملف.

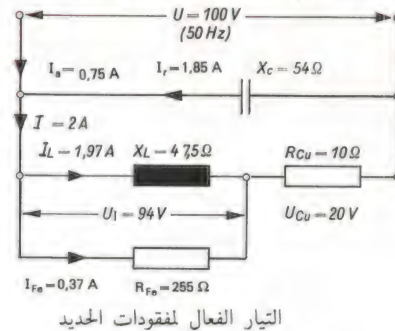
د) قيم القياس للمجال المغنطيسي للملف.

الحل :

S	$= U \cdot I$	$= 100 \cdot 2 = 200 \text{ VA}$	القدرة الظاهرية :
P	$= n \cdot 60 \text{ 000} / C_c$	$= 1,5 \cdot 60 \text{ 000} / 1200 = 75 \text{ W}$	القدرة الفعالة :
$\cos \varphi$	$= P \div S$	$= 75 \div 200 = 0,375 (\varphi = 68^\circ)$	معامل القدرة :
Q_L	$= S \cdot \sin \varphi$	$= 200 \cdot 0,926 = 185 \text{ var}$	القدرة المفاعلة الحثية :
P_{Cu}	$= I^2 \cdot R_{Cu}$	$= 4 \cdot 10 = 40 \text{ W}$	الفقد في النحاس :
P_{Fe}	$= P - P_{Cu}$	$= 75 - 40 = 35 \text{ W}$	الفقد في الحديد :
Q_C	$= Q_L$	$= 185 \text{ var}$	القدرة المفاعلة السعوية :
X_C	$= U^2 \div Q_C$	$= 10000 \div 185 = 54 \Omega (\varphi_C = 90^\circ)$	المفاعلة السعوية :
ω	$= 2\pi \cdot f$	$= 2\pi \cdot 50 = 314/\text{s}$	التردد الزاوي :
C	$= 10^6 / \omega X_C$	$= 10^6 \div (314 \cdot 54) = 59 \mu\text{F}$	السعة :
I_r	$= I \cdot \sin \varphi$	$= 2 \cdot 0,926 = 1,85 \text{ A}$	التيار المفاعل في C :
I_a	$= I \cdot \cos \varphi$	$= 2 \cdot 0,375 = 0,75 \text{ A}$	التيار في خط التغذية :
U_{Cu}	$= I \cdot R_{Cu}$	$= 2 \cdot 10 = 20 \text{ V}$	ΔU لسلك الملف :
$\tan \varphi_I$	$= Q_L \div P_{Fe}$	$= 185 \div 35 = 5,29 (\varphi_I = 79^\circ 20')$	توزيع التيار :
I_{Fe}	$= I \cdot \cos \varphi_I$	$= 2 \cdot 0,85 = 0,37 \text{ A}$	تيار الفقد في الحديد :
I_L	$= I \cdot \sin \varphi_I$	$= 2 \cdot 0,983 = 1,97 \text{ A}$	تيار المغطنة :
R_{Fe}	$= P_{Fe} \div I_{Fe}^2$	$= 35 \div 0,137 = 255 \Omega$	المقاومة الفعالة للحديد :
X_L	$= Q_L \div I_L^2$	$= 185 \div 3,89 = 47,5 \Omega (\varphi_L = 90^\circ)$	المفاعلة الحثية :
U_I	$= I_L \cdot X_L$	$= 1,97 \cdot 47,5 = 94 \text{ V}$	U_I للمجال المغنطيسي :
L	$= X_L \div \omega$	$= 47,5 \div 314 = 0,151 \text{ H}$	المحثة :
Λ	$= 10^6 \cdot L / N^2$	$= 10^6 \cdot 0,151 / 1000^2 = 0,151 \mu\text{H}$	المواصلة المغنطيسية :
Θ	$= I_L \cdot N$	$= 1,97 \cdot 1000 = 1970 \text{ A}$	وصلية التدفق :
Φ	$= \Theta \cdot \Lambda$	$= 1970 \cdot 0,151 = 298 \mu\text{Vs}$	التدفق المغنطيسي :
E	$= N \cdot \omega \Phi / 10^6$	$= 1000 \cdot 314 \cdot 298 / 10^6 = 94 \text{ V}$	لبرهان على أن $(E = U_I)$:



الدائرة المكافئة ومخطط المتجهات :

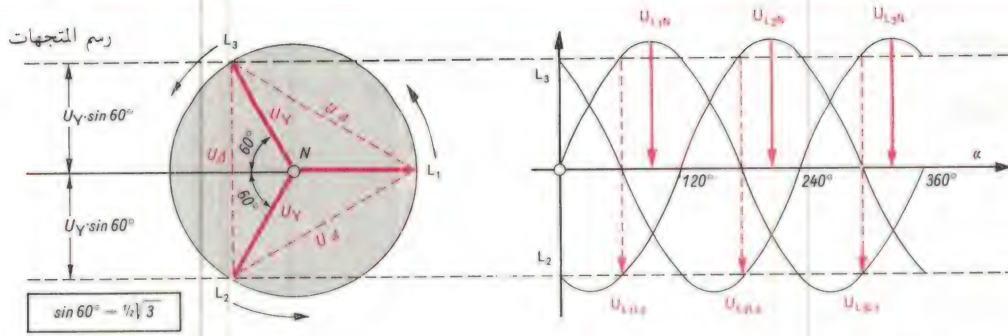


التيار الفعال لمفقودات الحديد

٢٩ - ٤١ احسب جميع القيم كما في المثال السابق إذا علمت كميات القياس التالية :

$U = 100 \text{ V}$; $f = 50 \text{ Hz}$; $C_c = 750 \text{ r/kWh}$; $n = 1 \text{ r.p.m.}$; $I = 1,2 \text{ A}$ ($Z = 83,3 \Omega$); $N = 2 \text{ 000}$ لفة; $R_{Cu} = 20 \Omega$

الجهد المتردد ثلاثي الأطوار



- (١) من شبكة التيار ثلاثي الأطوار يمكن استنتاج أن: هنالك ثلاثة جهود من نقطة التفرع النجمي U_Y (عند نقطة التعادل ينحرف كل موصل عن الآخر بزاوية قدرها 120°). كما توجد ثلاثة جهود خارجية U_Δ (يتقدم جهد كل موصل عن جهد نقطة التفرع النجمي بزاوية قدرها 30°).
- (٢) النسبة ($U_\Delta : U_Y$): انظر مخطط المتجهات:

$$U_\Delta = 2 \cdot U_Y \cdot \sin 60^\circ = U_Y \cdot \sqrt{3} = U_Y \cdot 1.73$$

التوصيل النجمي والتوصيل المثلثي

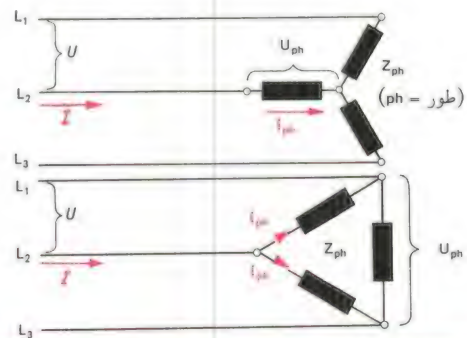
- (١) تتكون ثلاثة متجهات متماثلة للقيمة الفعالة ويعمل كل منها الزاوية $\varphi = 120^\circ$ مع الآخر وتعطي حاصل جمع اتجاهي مساو للصفر (خط توصيل الرجوع غير لازم).
- (٢) تجمع الجهود معا (في التوصيل النجمي Y) أو التيارات (في التوصيل المثلثي Δ).
- (٣) تحويل اتصال حمل ثلاثي الأطوار من نجمي (Y) إلى مثلثي (Δ) يضاعف التيار I في خط التغذية إلى ثلاثة أمثاله:

التوصيل النجمي (Y) = اتصال موحد (متربط) للجهود.
ويقع كل طور (وجه) بين نقطة التفرع النجمي وأحد الموصلات.

$I = I_{ph}$	$I_{ph} = \frac{U_{ph}}{Z_{ph}}$	$U_{ph} = \frac{U}{\sqrt{3}}$
--------------	----------------------------------	-------------------------------

التوصيل المثلثي (Δ) = اتصال موحد (متربط) للتيارات.
ويقع كل طور (وجه) بين موصلين خارجيين.

$I = I_{ph} \cdot \sqrt{3}$	$I_{ph} = \frac{U_{ph}}{Z_{ph}}$	$U_{ph} = U$
-----------------------------	----------------------------------	--------------



القدرات وفقد الجهد

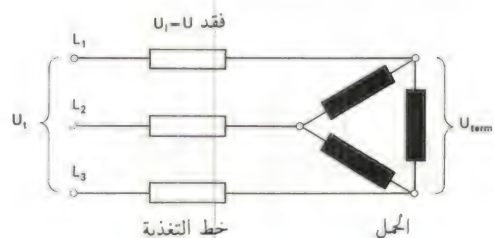
$S_{ph} = U_{ph} \cdot I_{ph}$	$\textcircled{Y} S_{ph} = \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot I$	$\textcircled{\Delta} S_{ph} = U \cdot \frac{I}{\sqrt{3}}$	القدرة الظاهرية لطور (وجه) واحد
$S = 3 \cdot U_{ph} \cdot I_{ph}$	$\textcircled{Y} S = 3 \cdot \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot I$	$\textcircled{\Delta} S = 3 \cdot U \cdot \frac{I}{\sqrt{3}}$	القدرة الظاهرية الكلية

$S = 1.73 \cdot U \cdot I$	القدرة الظاهرية :
$P = 1.73 \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$	القدرة الفعالة :
$Q = 1.73 \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi$	القدرة المفاعلة :

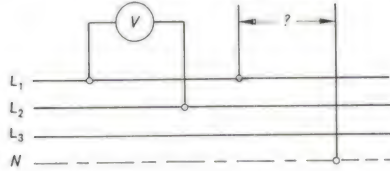
الفرق في الجهد ΔU : (أطراف) U - (شبكة) $\Delta U = U$
يتوافق الجهد المفقود U كجهد فعال في الطور مع التيار I في التوصيل النجمي. ويكون جهد الموصل المناظر هو:
 $\Delta U = U_1 \cdot \sqrt{3}$
ويصبح في مثلث المتجهات: $(U_1 - U_{term}) < U_1 \cdot \sqrt{3}$

$\Delta U \approx 1.73 \cdot \frac{I \cdot l}{\kappa \cdot A} \cdot \cos \varphi$

عند قياس U و I لحظ التغذية تصلح الصيغ الرياضية التالية للقدرة ثلاثية الأطوار لكل من Y و Δ :



٤٢ - ٥ قيست قيم الجهود (جهد الخط) بين الموصلين L_1 و L_2 في شبكة تيار ثلاثية الأطوار ذات أربعة موصلات بياناتها:
 $380/220 \text{ V}$ 50 Hz $3/N$ على مدار اليوم فكانت كاييلي:
 (أ) 385 V (ب) 378 V (ج) 394 V (د) 375 V (هـ) 380 V
 احسب جهد الطور (الوجه) U_{L1N} للتوصيل النجمي بين L_1 و N لكل حالة مستخدما القيمة ($\sqrt{3}=1.732$)

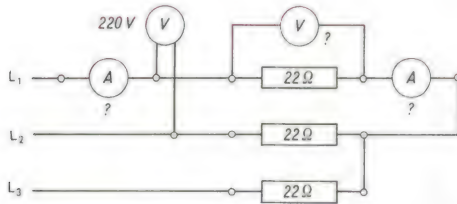


٤٢ - ٦ احسب الجهود المناظرة:

أ	ب	ج	د	هـ
U_{L1N}	127 V	220 V	380 V	?
U_{L1L2}	?	?	380 V	220 V

مثال:

ثلاث مقاومات فعالة لكل منها $R=22 \Omega$ موصلة نجما (Y) على شبكة تيار ثلاثي الأطوار بياناتها $220 \text{ V}/50 \text{ Hz}$. احسب:
 (أ) جهد الطور (U_{ph}) (ب) تيار الطور (I_{ph}) (ج) قدرة الطور (P_{ph}) (د) التيار I (في الخط).



الحل:

$$U = 220 \text{ V}; R_{ph} = 22 \Omega; \cos \varphi = 1$$

$$U_{ph} = U / \sqrt{3} = 220 \text{ V} / 1.73 = 127 \text{ V} \quad (\text{أ})$$

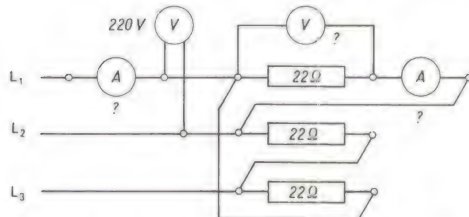
$$I_{ph} = U_{ph} / R_{ph} = 127 \text{ V} / 22 \Omega = 5.77 \text{ A} \quad (\text{ب})$$

$$P_{ph} = U_{ph} \cdot I_{ph} \cdot \cos \varphi = 127 \text{ V} \cdot 5.77 \text{ A} \cdot 1 = 733 \text{ W} \quad (\text{ج})$$

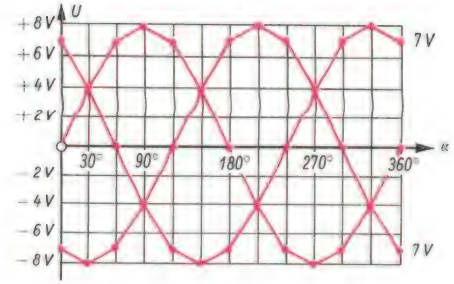
$$P = 3 \cdot P_{ph} = 3 \cdot 733 \text{ W} = 2200 \text{ W} \quad (\text{د})$$

$$I = I_{ph} = 5.77 \text{ A} \quad (\text{هـ})$$

٤٢ - ٧ ثلاث مقاومات فعالة لكل منها $R=22 \Omega$ وصّلت مثلثيا (Δ) على شبكة تيار ثلاثي الأطوار $220 \text{ V}/50 \text{ Hz}$. احسب:
 (أ) جهد الطور (U_{ph}) (ب) تيار الطور (I_{ph}) (ج) قدرة الطور (P_{ph}) (د) القدرة (P) (هـ) التيار I (في الخط).



٤٢ - ٨ تحتوي غرفة تسخين موصلة على شبكة تيار ثلاثي الأطوار $220 \text{ V}/50 \text{ Hz}$ على 3 لفائف تسخين مقاومة كل منها 27Ω ويمكن توصيلها نجما أو مثلثيا حسب الاختيار. احسب كلا من P و P_{ph} و I_{ph} و U_{ph} وكذلك التيار I في الموصل:
 (أ) في حالة التوصيل النجمي (ب) في حالة التوصيل المثلثي.



٤٢ - ١ ارسم على لوحة رسم بياني مجموعة منحنيات خصائصية ($U = \pm 8 \text{ V}$ على المحور الرأسي، $\alpha = 360^\circ = 12 \cdot 30^\circ$) وارسم على المحور الأفقي:

(أ) مبتدئا من درجة 0° جهدا جيبييا مترددا ذا قيمة عظمى 8 V والقيم اللحظية التالية:

$$U_{\max} \cdot \sin 0^\circ = 8 \text{ V} \cdot 0 = 0 \text{ V}$$

$$U_{\max} \cdot \sin 30^\circ = 8 \text{ V} \cdot 1/2 = 4 \text{ V}$$

$$U_{\max} \cdot \sin 60^\circ = 8 \text{ V} \cdot \sqrt{3}/2 = 7 \text{ V}$$

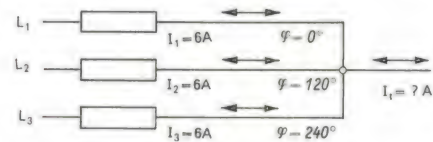
$$U_{\max} \cdot \sin 90^\circ = 8 \text{ V} \cdot 1 = 8 \text{ V}$$

$$U_{\max} \cdot \sin 120^\circ = 8 \text{ V} \cdot \sqrt{3}/2 = 7 \text{ V}$$

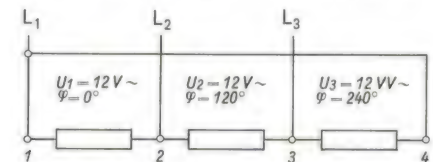
الحل:

(ب) ومبتدئا من 120° منحني جيبييا ثانيا ذا قيمة عظمى 8 V .
 (ج) ومبتدئا من 240° منحني جيبييا ثالثا ذا قيمة عظمى 8 V كذلك.

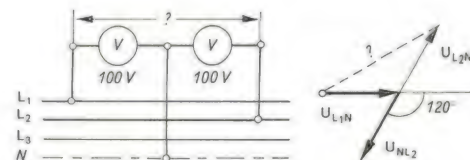
(د) اجمع القيم اللحظية للجهود الجيبية الثلاثة عند قيم $\alpha = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, \dots$ إلى 360° . لاحظ الإشارات (\pm) في كل حالة.
 ٤٢ - ٢ اجمع التيارات الفرعية بواسطة رسم متجهات التيار متصلة ببعضها (بإزاحة قدرها 120° بين الطور والآخر).
 (أ) ما هي شدة التيار الكلي؟ (ب) ما هي التيارات الفرعية التي تمر عند انقطاع خط التجميع؟



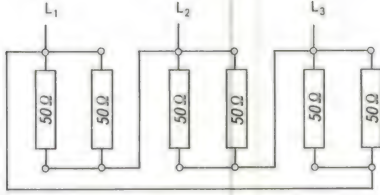
٤٢ - ٣ اجمع الجهود الجزئية (الفرعية) بواسطة رسم متجهات الجهود متصلة ببعضها (بإزاحة قدرها 120° بين الطور والآخر). ما مقدار الجهد الكلي بين النقطتين 1 و 4؟



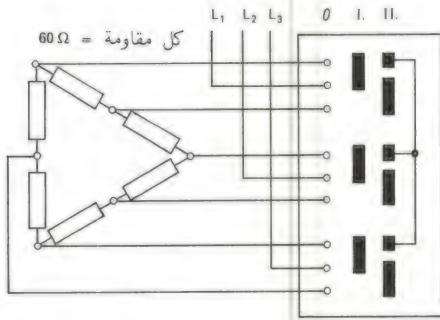
٤٢ - ٤ اجمع بالرسم الجهدين الفرعيين للطورين U_{L1-N} و U_{N-L2} ونظرا لأن الجهد الثاني عكست أقطابه ($N \rightarrow L2$) بدلا من $L2 \rightarrow N$ يجب أن يعكس المتجه الثاني أيضا.



- ٤٢ - ١٦ وصّلت ست مقاومات تسخين قيمة كل منها 50Ω طبقا للشكل بجهد متردد $3 \sim 500 \text{ V}$. احسب كلا من :
- (أ) تيار الخط
- (ب) القدرة المستهلكة
- (ج) طول السلك للفيقة التسخين (إذا كان مصنوعا من معدن سلك مقاومة $RW 100$ وكثافة تيار 10 A/mm^2)



- ٤٢ - ١٧ ست مقاومات تسخين كل منها 60Ω موصلة كما هو موضح بالشكل ووصّلت بجهد $3 \sim 500 \text{ V}$. احسب القدرة المستهلكة بالحمل لكل من :
- (أ) وضع المفتاح I (ب) وضع المفتاح II



- ٤٢ - ١٨ عند لوحة التحكم لمحرك تيار ثلاثي الأطوار قدرته 22 kW قيست القيم التالية (تبعاً لتحميل المحرك). احسب بقية الكميات المناظرة كما في الجدول :

أ	ب	ج
جهد الشبكة (U)	500 V	500 V
التحميل	حمل كامل	حمل $1/4$
تيار الموصل	33 A	19 A
جتا ϕ (cos ϕ)	0,88	0,77
S (kVA)	?	?
P_i (kW)	?	?
Q (kvar)	?	?
sin ϕ	?	?
tan ϕ	?	?
η	?	?

- ٤٢ - ١٩ قيست قيم التحميل التالية على مدار يوم عمل على موصل تيار ثلاثي الاطوار بياناته $3 \sim 50 \text{ Hz/220 V}$ ويتصل بحمل صغير .

- (أ) لمدة 4 ساعات بتيار شدته 120 A عند $\cos \phi = 0,8$
- (ب) لمدة $2\frac{3}{4}$ ساعة بتيار شدته 80 A عند $\cos \phi = 0,76$
- (ج) لمدة 72 دقيقة بتيار شدته 135 A عند $\cos \phi = 0,84$
- (د) لمدة 26 دقيقة بتيار شدته 15 A عند $\cos \phi = 1$
- احسب الاستهلاك بالكيلوواط ساعة (kWh) لكل حالة .

- ٤٢ - ٩ يحتوي فرن تسخين على ثلاثة ملفات تسخين مقاومة كل منها $R = 20 \Omega$ ويمكن تحميل كل منها حتى $14,5 \text{ A}$. احسب :
- (أ) القدرة الكلية عند الحمل الكامل .
- (ب) الجهد الاسمي المسموح به في التوصيل النجمي .
- (ج) تيار الخط في حالة التوصيل النجمي .
- (د) الجهد الاسمي المسموح به في التوصيل المثلي .
- (هـ) تيار الخط في حالة التوصيل المثلي .

- ٤٢ - ١٠ قيس التيار في الخط الواصل إلى خزان للمياه الدافئة ، موصل على شبكة تيار ثلاثي الأطوار $3/N \sim 50 \text{ Hz/220 V}$ ، فكان $15,8 \text{ A}$. احسب القدرة التي يستهلكها الخزان بالكيلوواط (kW) عند $\cos \phi = 1$.

- ٤٢ - ١١ مامقدار التيار في الخط لموقد كهربائي ذي قيمة حمل قدرها 7675 W إذا وصل على شبكة تيار ثلاثية الأطوار جهدها 220 V بقدرة تبلغ ثلثي قدرته الاسمية (القدرة الاسمية = قدرة اكبر حمل) ؟

- ٤٢ - ١٢ حمل محرك تيار ثلاثي الأطوار قدرته $3,7 \text{ kW}$ بنصف القدرة الاسمية وبينت أجهزة القياس القيم التالية :
- $\cos \phi = 0,66$ والجهد في الموصل $U = 380 \text{ V}$ والتيار $I = 5,75 \text{ A}$ ما مقدار القدرة الفعالة المعطاة للمحرك ؟

- ٤٢ - ١٣ كبل تيار ثلاثي الأطوار ، ذو أربعة موصلات موصل على تيار متردد قدره $3/N \sim 50 \text{ Hz/380 V}$ ويسمح بتحميل كل من موصلاته بتيار $I = 63 \text{ A}$.

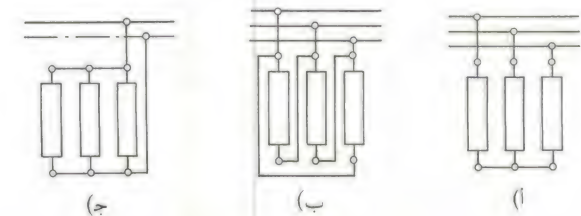
- مامقدار القدرة الفعالة التي يمكن للكبل نقلها إذا أخذ معامل القدرة $\cos \phi$ القيم التالية عند توصيل أحمال حثية :

أ	ب	ج	د	هـ	و
0,9	0,85	0,8	0,75	0,6	0,5

- ٤٢ - ١٤ وصّلت مقاومات التسخين ذات المعطيات المذكورة في الجدول طبقا لتوصيلات التيار ثلاثي الأطوار . احسب القيم الاسمية لكل من U و I و P .

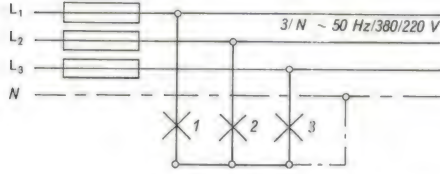
أ	ب	ج	د
قدرة الطور	—	3 kW	1650 W
جهد الطور	220 V	380 V	—
تيار الطور	4,54 A	—	—
مقاومة الطور	—	32,5 Ω	9,77 Ω
نوع التوصيل	Y	Δ	Y

- ٤٢ - ١٥ جهزت لوحة الأطراف لخزان حمام سعته 50 l بحيث يمكن توصيل ثلاثة مسخنات مقاومة كل منها 40Ω :
- (أ) توصيلاً نجمياً على $3 \sim 380 \text{ V}$
- (ب) توصيلاً مثلثياً على $3 \sim 220 \text{ V}$
- (ج) توصيلاً على التوازي على $1/N \sim 220 \text{ V}$.
- احسب في كل من (أ) و (ب) و (ج) تيار الخط .



التحميل غير المتساوي للأطوار

٢٢ — ٢٢ وصلت ثلاثة مصابيح، كل منها 100 W/220 V بتوصيل نجمي يحتوي على سلك محايد (N) بجهد 3/N ~ 50 Hz/380 V. احسب لحالات اضطراب التشغيل التالية قدرات الأطوار الثلاثة والقدرة الكلية (اهمل تغيرات المقاومة):



(أ) التشغيل بلا اضطرابات (متزن)

(ب) فصل المصهر L_1 والمصباح 1

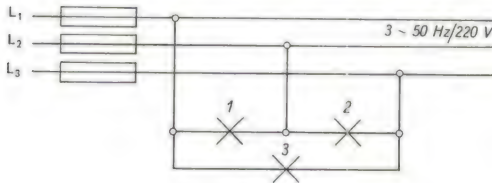
(ج) فصل المصهرين L_1 و L_2

(د) فصل موصل التعادل

(هـ) مثل (ب) ولكن بفصل الموصل المحايد N

(و) مثل (ج) ولكن بفصل الموصل المحايد N.

٢٣ — ٢٣ وصلت ثلاثة مصابيح كل منها 100 W/220 V في توصيل مثلثي على شبكة 3 ~ 50 Hz/220 V. احسب لحالات اضطراب التشغيل التالية، قدرات الأطوار الثلاثة والقدرة الكلية (اهمل تغيرات المقاومة):



(أ) تشغيل بلا اضطرابات (متزن)

(ب) فصل المصهرين L_1 و L_2

(ج) فصل المصهر L_1

(د) فصل المصباح 1

(هـ) فصل المصباحين 1 و 2

(و) فصل المصهر L_1 والمصباح 1

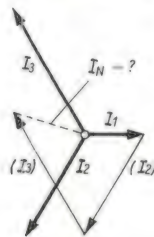
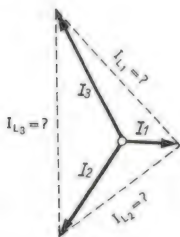
(ز) فصل المصهر L_1 والمصباح 2.

٢٤ — ٢٤ اوجد بالرسم لتيارات الأطوار غير المتساوية:

$I_3 = 25A$, $I_2 = 20A$, $I_1 = 10A$ (زاوية التأخر لكل منها 120°):

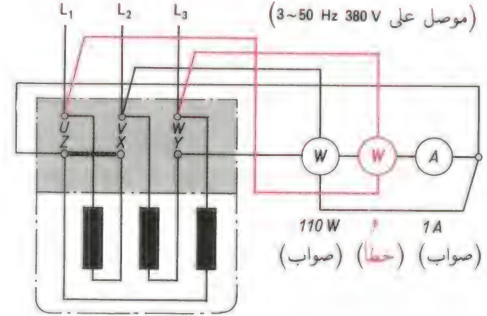
(أ) تيار موصل التعادل في التوصيل النجمي

(ب) جميع تيارات الموصلات في التوصيل المثلثي. (لطريقة الحل انظر الرسم)

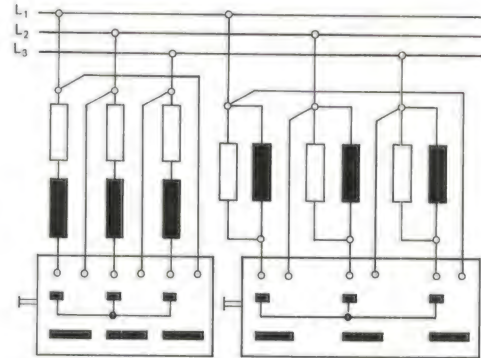


ملاحظة: يمكن استخدام طريقة الحل هذه أيضاً إذا انحرفت زاوية التأخر بين I_1 و I_2 و I_3 عن 120° وعند عدم تساوي $\cos \phi$.

٢٥ — ٢٥ يراد قياس القدرة الفعالة للطور الأوسط عند لوحة الأطراف لحمل تيار ثلاثي الأطوار. ما هي القراءة المتوقعة للواطمتر الثاني الموصل بطريقة خاطئة؟
ملاحظة: يتأخر جهد التوصيل المثلثي U_{L1L2} دائماً عن جهد التوصيل النجمي U_{L1L2} بمقدار 90° .



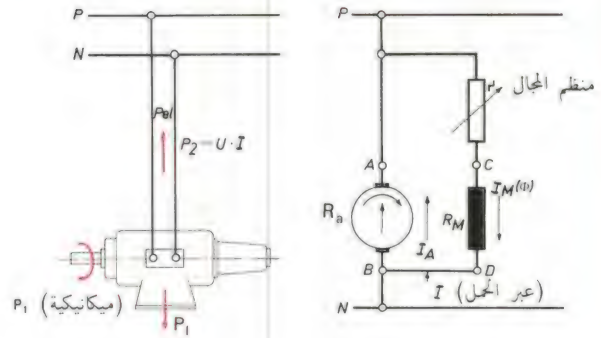
٢٦ — ٢٦ وصلت على شبكة تيار ثلاثي الأطوار 380 V/50 Hz ثلاث مقاومات فعالة R لكل منها 150Ω وثلاثة مفاعلات X_L لكل منها 80Ω بأربع توصيلات مختلفة. والمطلوب معادلة القدرة المفاعلة تماماً بواسطة ثلاثة مكثفات (بتوصيل مثلثي). احسب جميع قيم الجدول الناقصة.



أ	ب	ج	د	
توازي	توازي	توازي	توازي	
مثلثي	نجمي	مثلثي	نجمي	
R_{ph}	150Ω	150Ω	150Ω	توالي
X_{ph}	80Ω	80Ω	80Ω	نجمي
Z_{ph}	?	?	?	
$\cos \phi$?	?	?	
$\sin \phi$?	?	?	
U	380 V	380 V	380 V	
U_{ph}	?	?	?	
I_{ph}	?	?	?	
P_{ph}	?	?	?	
I	?	?	?	
S (VA)	?	?	?	
P (W)	?	?	?	
Q (var)	?	?	?	
Q_{ph}	?	?	?	
C_{ph}	?	?	?	

القيم الإسمية للقدرة وقيم التشغيل

- أ) يغذي عمود الإدارة المولدات بطاقة ميكانيكية (P_1) التي تعطي طاقة كهربائية (P_2) إلى الشبكة.
- ب) تتناسب ق.د.ك. المتولدة مع حاصل ضرب التدفق المغنطيسي Φ وسرعة الدوران n ($E \sim \Phi \cdot n$).
- ج) تصلح معطيات لوحة القدرة لحالة التشغيل الإسمي، أما قيم التشغيل فتكون حسب حالة التحميل. القدرة الإسمية في مولد التيار المستمر تعني دائما القدرة الكهربائية المستفادة (P_2).
- د) I_A و R_a هي القيم في دائرة التيار لعضو الإنتاج أما I_M و R_M فهي للدائرة المغنطيسية.
- هـ) تظهر المفقودات في مولدات التيار المستمر عن طريق الاحتكاك (الاحتكاك في المحامل وفي الهواء وفي الفرش) وعن طريق الحرارة الناتجة عن التيار. والمفقودات هي:
- في عضو الإنتاج: $I_A^2 \cdot R_a$
- في لفيفة المغنطيس: $I_M^2 \cdot R_M$
- تحدد المفقودات الكلية (P_1) الكفاءة.
- و) تعمل آلة التيار المستمر كمولد فقط إذا كانت ق.د.ك. المستحثة في عضو الإنتاج أكبر من جهد الأطراف U .



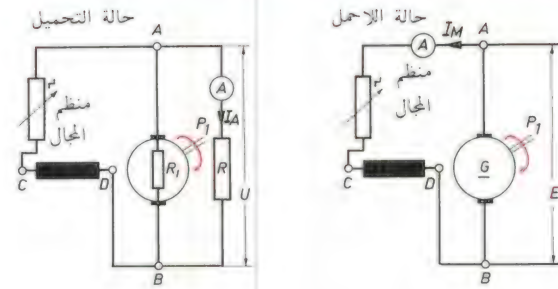
$$P_1 = \frac{M \cdot n}{9550} \text{ (kW, Nm, r.p.m.)}$$

$$\frac{U \cdot I}{1000} = \frac{\text{القدرة الكهربائية}}{\text{القدرة الميكانيكية المعطاة}} = \eta = \text{كفاءة المولد}$$

$$P_1 = P_2 - P_{\text{loss}}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

ق.د.ك. — جهد الأطراف — المنحنى الخاصي للتحميل



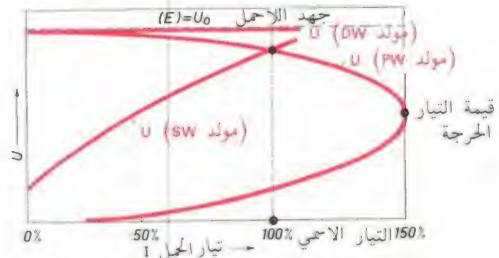
- أ) تقاس ق.د.ك. (القوة الدافعة الكهربائية) عند أطراف المولد في حالة الدائرة المفتوحة (جهد الدائرة المفتوحة E).
- ب) يقاس جهد الأطراف U عند التحميل، إذا مر تيار بالمولد. وهو أصغر من ق.د.ك. بمقدار فقد الجهد U_1 في عضو الإنتاج.
- ج) ينشأ الهبوط في ق.د.ك. عند التحميل نتيجة فقد الجهد U_1 بين طرفي المقاومة الداخلية وهي حاصل جمع المقاومات المكونة من جميع اللوائف التي يمر بها تيار عضو الإنتاج I_A (لفيفة عضو الإنتاج ولفيفة قطب التوحيد ولفيفة المعادلة) مضافا إليها مقاومة التلامس للفرش.

$$(R_i = R_a + R_{\text{pole}} + R_{C.W} + R_B)$$

$$U = E - U_1$$

$$U_1 = I_A \cdot R_i$$

$$U = E - (I_A \cdot R_i)$$



DW = Double-wound
PW = Parallel-wound
SW = Series-wound

تمثل منحنيات التشغيل العلاقة بين الجهد والتيار. يبين منحنى التحميل لمولد تواز (PW) مدى اعتماد جهد الأطراف U على التيار I إذا ظل I_M و n ثابتين. ويعادل الجهد U_1 (من 5% إلى 10%) بواسطة مقاومة ضبط المجال. وعند تحطيم «القيمة الحرجة للتيار» (150%) تهبط Φ تقريبا مع I_M .

تمرينات

٤٢- ١ مامقدار ق.د.ك. المستحثة في لفة من النحاس طولها 10 cm وتحرك في مجال مغنطيسي كثافة تدفقه $B=0,85 \text{ T}$ بسرعة $v=20 \text{ cm/s}$ ؟

الحل : $E = N \cdot B \cdot l \cdot v = 1 \cdot 0,85 \cdot \frac{Vs}{m^2} \cdot 0,1 \text{ m} \cdot 0,2 \frac{m}{s} = 0,017 \text{ V}$

٤٢- ٢ يتحرك 80 سلكا طول كل منها 50 cm بسرعة 120 cm/s في مجال مغنطيسي كثافة تدفقه $0,9 \text{ T}$ ما مقدار ق.د.ك. المستحثة ؟

٤٢- ٣ أعطى الفولطمتر عبر سلك نحاسي يتحرك بسرعة 20 cm/s في مجال مغنطيسي قدره $1,05 \text{ T}$ جهدا قدره $0,012 \text{ V}$ ما طول الموصل في المجال المغنطيسي ؟

٤٢- ٤ كم يجب أن تكون كثافة التدفق B لجال مغنطيسي ، لكي يتولد في سلك منفرد طول $0,3 \text{ m}$ ق.د.ك. قدرها 500 mV عند سرعة $v=2 \text{ m/s}$ ؟

٤٢- ٥ يحتوي عضو الانتاج لمولد تيار مستمر على 120 لفة طول كل منها 42 cm ويوجد 75% منها في آن واحد داخل مجال مغنطيسي كثافة تدفقه $0,9 \text{ T}$ ما مقدار ق.د.ك. المستحثة عند سرعة $v=1,5 \text{ m/s}$ ؟

٤٢- ٦ احسب القيم الناقصة في المعطيات بالجدول التالي :

و	هـ	د	ج	ب	أ	
?	0,6	0,84	0,75	0,72	0,8	B (T)
22	8,5	42	?	35	20	l (cm)
2	7,2	?	14	12,8	8	v (m/s)
154	?	140	160	180	220	N (لفة)
90%	86%	90%	88%	92%	80%	η (%)
150	80	110	180	?	?	E (V)

٤٢- ٧ احسب القيم الناقصة بالجدول التالي :

جهد المولد	التيار المستفاد	القدرة المستفاد	القدرة المعطاة	الكفاءة η
U (V)	من المولد	من المولد	للمولد	
	I (A)	P_2 (kW)	P_1	
20	1500	?	?	84%
220	350	?	90 kW	?
110	?	23	26,83 kW	?
?	170	75	?	0,89
220	?	?	100 kW	90%

الحل للجزء (أ) : $P_2 = U \cdot I = 20 \text{ V} \cdot 1500 \text{ A} = 30 \text{ kW}$

$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{30 \text{ kW}}{0,84} = 35,7 \text{ kW}$

٤٢- ٨ ما هي كفاءة مولد يعطي قدرة مقدارها 44 kW ويأخذ عند عمود الدوران قدرة مقدارها 50 kW ؟ وما مقدار المفقودات بالواط ؟

٤٢- ٩ ما مقدار قدرة الإدارة بوحدة (kW) التي يحتاجها مولد تيار مستمر يعطي تيارا شدته 32 A عند جهد إسمي 440 V إذا كانت كفايته 72% ؟

٤٢- ١٠ مولد تيار مستمر قيمه الإسمية هي 53 kW و 110 V يحتاج قدرة إدارة مقدارها 60 kW. احسب : أ) التيار الإسمي . ب) الكفاءة بالنسبة المئوية ج) المفقودات بالواط وبالنسبة المئوية .

٤٢- ١١ ما مقدار التيار الإسمي لمولد تيار مستمر يعمل على 440 V ويحتاج إلى قدرة إدارة 62 kW عند كفاءة قدرها 86% ؟

٤٢- ١٢ مولد تيار مستمر قيمه الإسمية 2 000 A , 550 V يحتاج عند التحميل الإسمي إلى قدرة إدارة مقدارها 1200 kW. ما مقدار كفايته ؟ وكم تبلغ القدرة المستفاد منه وشدة التيار عند $\frac{3}{4}$ تحميل إذا ظلت η ثابتة ؟

٤٢- ١٣ مولد تيار مستمر بياناته كالآتي : الجهد الإسمي $U=220 \text{ V}$ والتيار الإسمي $I=12 \text{ A}$ والكفاءة عند التشغيل الإسمي $= 0,72$ وسرعة الدوران الإسمية $n=2600 \text{ r.p.m.}$ احسب كلا من : أ) القدرة الإسمية ب) قدرة عمود الإدارة ج) عزم الدوران اللازم عند عمود إدارة المولد .

٤٢- ١٤ يدير محرك ديزل قدرته 6 kW مولد تيار مستمر ذا جهد إسمي 110 V ، وعند التحميل الكامل يظهر فقد في قدرة المولد قدره 0,78 kW. احسب : أ) القدرة الإسمية (P_2) ب) التيار الإسمي (I) ج) الكفاءة (η) .

٤٢- ١٥ تستهلك توربينة مائية ذات كفاءة ميكانيكية قدرها 70% حجم قدره $0,4 \text{ m}^3$ من الماء في الثانية ، من ضاغط هيدرولي قدره 12 m وتدير التوربينة مولد تيار مستمر 220 V بكفاءة كهربائية قدرها 0,82. احسب :

أ) كم كيلواط تعطيها التوربينة ؟ ب) كم كيلواط يعطيها المولد ؟ ج) بكم أمبير يمكن تحميل المولد ؟

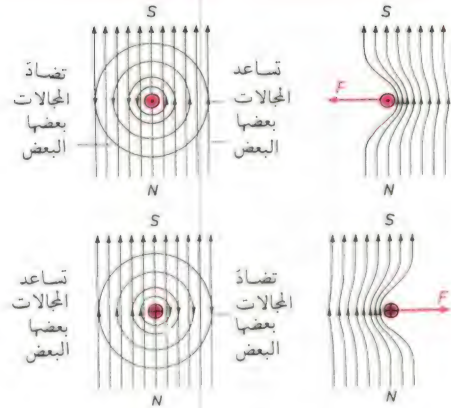
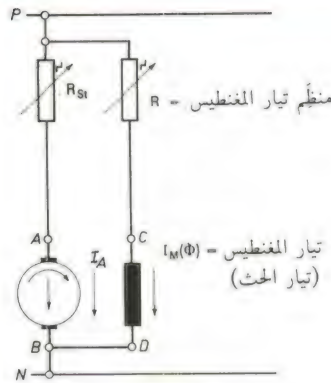
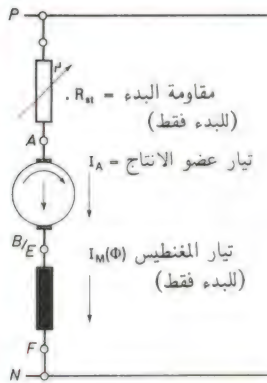
٤٢- ١٦ قصرت دائرة مولد ذي جهد دائرة مفتوحة قدره 245 V ومقاومته الداخلية $0,15 \Omega$ بطريق الخطأ . ما مقدار كل من تيار دائرة القصر والهبوط الداخلي للجهد ؟ إذا أهملت مقاومة موضع دائرة القصر .

٤٢- ١٧ يولد مولد تيار مستمر ، ذو إثارة خارجية ومزود بمقاومة عضو إنتاج $R_a=0,35 \Omega$ ، ق.د.ك. 468 V . ما مقدار الجهد U على أطراف المولد ، إذا أعطي التيار الإسمي $I=80 \text{ A}$ للشبكة ؟ ما هي النسبة بين القدرة المستفاد وقدرة الإثارة ، إذا سحبت لفيفة الإثارة 2,5 A عند التوصيل على جهد 120 V ؟

٤٢- ١٨ احسب المعطيات الناقصة لقيم التشغيل وقيم الممكنة للمولدات بالجدول التالي :

ق.د.ك. جهد	مقاومة	تيار	الأطراف عضو الإنتاج	عضو الإنتاج
U (V)	R_a (Ω)	I_a (A)		
245 V	?	?	?	أ) 100 A
230 V	0,4 Ω	210 V	?	ب) ? A
120 V	?	110 V	?	ج) 40 A
?	0,16 Ω	440 V	?	د) 180 A

نظرية عمل المحرك



تولد المولدات الحاملة للتيار عزم دوران مضاد، وتولد المحركات أثناء الحركة ق. د. ك. مضادة. تحدد مقاومة بدء الحركة من التيار:

موصل حامل للتيار يتحرك في مجال مغناطيسي، ما مقدار قوة التنافر F ؟

الوحدات :

$$I_{st} < 1,7 \cdot I_N$$

R_{mot} = مقاومة الحرك

$$I_{st} = \frac{U}{R_{mot} + R_{st}}$$

I_{st} = تيار البدء

$$B (T); I (A); l (m)$$

$$1 \frac{Ws}{m} = 1 N$$

$$F = B \cdot I \cdot l$$

N

القدرة - الكفاءة

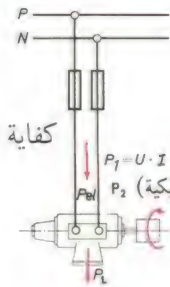
المتح	
G	Mot. Nr. 618546
وزن الطراز	
110 V	32 A
2,8 kW	1450 r.p.m.

$$P_2 = \frac{U \cdot I \cdot \eta}{1000} \text{ kW}$$

$$P_2 = \frac{M \cdot n}{9550} \text{ kW}$$

القدرة الميكانيكية المستفاد
القدرة الكهربائية المعطاة

$$\eta_{mot} = \frac{M \cdot n}{9550} \cdot \frac{U \cdot I}{1000}$$



(أ) تأخذ المحركات طاقة كهربائية (P_1) وتعطي طاقة ميكانيكية (P_2) .

(ب) تصلح معطيات لوحة القدرة لحالة التشغيل الإسمي فقط.

(ج) تحدد المفقدات الكلية P_1 الكفاءة كما في المولد.

(د) يمكن زيادة سرعة الدوران عن سرعة الدوران الإسمية بواسطة مقاومة ضبط تيار المغنطيس، كما يمكن خفضها لأقل

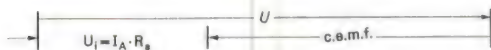
من سرعة الدوران الإسمية بواسطة مقاومة بدء الحركة المتغيرة.

$$P_1 = P_2$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

ق. د. ك. المضادة (العكسية) c.e.m.f. - حساب مقاومة بدء الحركة

(أ) في العضو الدوار تستحث ق. د. ك. مضادة.



(ب) فتكون ق. د. ك. المضادة أصغر من جهد الشبكة U بمقدار هبوط الجهد $I_A \cdot R_a$ (تيار عضو الانتاج \times مقاومة عضو الإنتاج)

(ج) وتقوم مقاومة بدء الحركة بوظيفة ق. د. ك. المضادة غير الموجودة عند البدء حتى يصل عضو الانتاج إلى سرعة الدوران اللازمة.

$$c.e.m.f. = U - (I_A \cdot R_a)$$

ق. د. ك. المضادة = c.e.m.f.

طبقا لتعليمات VDE 0650 يجب التمييز بين :

بدء الدوران بنصف حمل = تيار البدء المتوسط $I_{st} =$ التيار الإسمي مضروباً في 0,65

وبدء الدوران بحمل كامل = تيار البدء المتوسط $I_{st} =$ التيار الإسمي مضروباً في 1,3

بدء الدوران بتحميل زائد = تيار البدء المتوسط $I_{st} =$ التيار الإسمي مضروباً في 1,7

حساب مقاومة بدء الحركة :

محرك بلفائف توازن (PW):

$$I = I_A + I_M \approx I_A$$

$$U = I_A \cdot R_a + c.e.m.f.$$

$$R_{st} = \frac{U}{I_{st}} - (R_a + R_M)$$

$$R_{st} = \frac{U}{I_{st}} - R_a$$

تمرينات

٤٤- ١ بأية قوة يدفع موصل طوله 0,45 m في مجال مغنطيسي كثافة تدفقه 0,1 T، إذا مر فيه تيار 35 A؟

٤٤- ٢ يراد التأثير بقوة 1,5 N على موصل طوله 20 cm في مجال ذي كثافة تدفق قدرها 0,7 T فما قيمة التيار I اللازمة؟

٤٤- ٣ ما مقدار كثافة التدفق المغنطيسي اللازمة لكي تصل قوة الدفع إلى 3 N على سلك طوله 0,32 m ويمر به تيار شدته 24 A؟

٤٤- ٤ ما هو الطول اللازم لموصل لكي تبلغ القوة المؤثرة عليه $F=13,2\text{ N}$ عند تيار $I=25\text{ A}$ وكثافة تدفق $B=0,8\text{ T}$ ؟

٤٤- ٥ مجال مغنطيسي كثافة تدفقه 0,8 T به 40 موصلاً طول كل منها 0,25 m ويمر فيها تيار شدته 8 A. فإذا وجد دائماً 85% من الأسلاك في آن واحد تحت الأقطاب في المجال المغنطيسي، ما مقدار القوة المؤثرة؟

٤٤- ٦ محرك تيار مستمر بياناته كالآتي:

$$B=12\text{ T}, l=0,5\text{ m}, I=2\text{ A}, \eta=80\%$$

ما هو عدد الموصلات اللازمة لكي تصل قوة الدفع في عضو الإنتاج إلى 50 daN؟

٤٤- ٧ عضو الإنتاج بمحرك تيار مستمر به 35 سلكاً في كل مجرى طول كل منها 0,25 m. ما هي القوة المؤثرة على الأسلاك لكل مجرى عند كثافة تدفق قدرها 0,8 T إذا مر بها تيار 12 A؟ وإلى أي قيمة تنخفض القوة إذا انخفضت كثافة التدفق بمقدار 12%؟

٤٤- ٨ عضو إنتاج يعمل بالتيار المستمر طوله 150 mm وقطره 230 mm وعدد أسلاكه 500 وكثافة التدفق $B=0,8\text{ T}$ والتيار بعضو الإنتاج $I=10\text{ A}$. ويوجد 70% من الأسلاك في آن واحد تحت الأقطاب. احسب: (أ) القوة F (ب) عزم الدوران $M=F \cdot r\text{ (Nm)}$ عند محيط عضو الإنتاج.

٤٤- ٩ البيانات المعلومة عن محرك تيار مستمر هي: قطر عضو الإنتاج $d=185\text{ mm}$ وكثافة التدفق المغنطيسي في الثغرة الهوائية $B=0,52\text{ T}$ وطول الموصل في عضو الإنتاج تحت مجال القطب 12 cm وعدد أسلاك عضو الإنتاج في مدى مجال القطب = 480. وتأخذ شدة التيار في موصل عضو الإنتاج القيم التالية:

(أ) عند تشغيل الدائرة المفتوحة: التيار $I_0=3,2\text{ A}$

(ب) عند التشغيل بالتحميل الاسمي: التيار $I=20\text{ A}$

(ج) عند البدء بجمل زائد: التيار $I_{st}=30\text{ A}$

احسب للحالات السابقة:

١- قوة الشد $F_0(N)$ لموصل واحد بعضو الإنتاج.

٢- قوة الشد $F=F_0 \cdot N$ ، حيث N تساوي 480 موصلاً في عضو الإنتاج بفرض أن F يجب أن تكون مماسية لسطح عضو الإنتاج.

٣- عزم الدوران المناظر $M=F \cdot r\text{ (Nm)}$

٤٤- ١٠ احسب كفاية المحرك والفقد بالواط وبالنسبة المئوية من المعطيات التالية:

القدرة المعطاة للمحرك	القدرة المستفادة من المحرك	
(P ₁)	(P ₂)	
6 600 W	5,5 kW	(أ)
11,8 kW	10 kW	(ب)
14 kW	12 kW	(ج)
11 000 W	8,8 kW	(د)
0,84 kW	590 W	(هـ)
2,4 kW	1750 W	(و)

٤٤- ١١ احسب القيم الناقصة من المعطيات المأخوذة من قائمة لمحركات التيار المستمر.

القدرة المستفادة من المحرك	القدرة المعطاة للمحرك	الكفاية (η)
(P ₂)	(P ₁) (kW)	
1,18 kW	?	77%
2,8 kW	3,5	7%
? kW	9,2	83%
6,25 kW	?	0,83
2,8 kW	3,6	?
? kW	2,5	88%

٤٤- ١٢ احسب القيم الناقصة في معطيات لوحة القدرة والتشغيل.

جهد التيار المحرك المسحوب	القدرة المعطاة للمحرك	القدرة المستفادة من المحرك	الكفاية (η)
(U) (V)	(I) (A)	(P ₁) (kW)	(P ₂)
440	57,5	?	22 kW
440	?	27,9	? kW
?	112	?	5,5 kW
220	80	?	15 kW
110	273	?	? kW

٤٤- ١٣ يراد استبدال محرك ديزل 62,5 kW بمحرك تيار مستمر 600 V ذي كفاية 92%. لأي تيار يجب أن تعد مجموعة توصيل المحرك؟

٤٤- ١٤ احسب: (أ) التيار المسحوب (ب) الكفاية (ج) الفقد لمحرك تيار مستمر يعمل على 750 V ويأخذ عند لوحة الأطراف 85 kW ويعطي عند عمود الإدارة 77 kW.

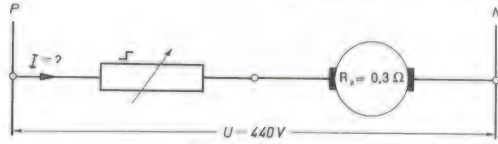
٤٤- ١٥ احسب الكفاية والفقد بالواط لمحرك تيار مستمر 220 V يعطي عند عمود الإدارة 3,7 kW عند التحميل الاسمي ويسحب عند لوحة الأطراف 20 A. ما مقدار الشغل الكهربائي المستهلك لزمان تشغيل قدره 12 ساعة؟

$$R_{st} = \frac{U}{I_{st}} - R_a = \frac{440 \text{ V}}{100 \text{ A} \cdot 1,3} - 0,3 \Omega = 3,08 \Omega$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}; P_2 = \eta \cdot P_1 = 0,8 \cdot 440 \text{ V} \cdot 100 \text{ A} = 35,2 \text{ kW}$$

$$t = 4 + 2 \sqrt{P_{kW}} = 4 + 2 \sqrt{35,2} \approx 16 \text{ s}$$

٤٤ - ٣٦ ما مقدار التيار في عضو الإنتاج ، عند وضع السكون للوضع المبين لبادئ التشغيل؟



٤٤ - ٣٧ احسب للمحرك ، في المسألة ٤٤ - ٣٥ ، قيمة R

لمقاومة بدء حركة مستوى الملامسات عند: (أ) بدء الدوران بنصف حمل (ب) بدء دوران بحمل زائد .

٤٤ - ٣٨ عين مقاومة بدء حركة مستوى الملامسات

للمحركات ذات القيم التالية: (أ) $U = 440 \text{ V}; I = 82 \text{ A}; R_a = 0,42 \Omega$

(ب) $U = 220 \text{ V}; I = 34 \text{ A}; R_a = 0,32 \Omega$ (ج) $U = 110 \text{ V}; I = 40 \text{ A}; R_a = 0,22 \Omega$

لأنواع بدء الدوران: (أ) بنصف حمل بنسبة 0,65 .

(٢) بحمل كامل بنسبة 1,3 . (٣) بحمل زائد بنسبة 1,7 .

٤٤ - ٣٩ محرك تيار مستمر بلفائف متصلة على التوازي

بياناته: $U = 220 \text{ V}, P = 8,5 \text{ kW}, R_a = 0,35 \Omega$ ، عند الحمل الكامل ،

به فقد 360 W في رقائق حديد عضو الإنتاج وفقد 90 W في

الفرش وفقد 115 W نتيجة للاحتكاك وفقد 695 W في نحاس

عضو الإنتاج وفقد 242 W في مجال المغنطيس .

احسب: (أ) الفقد الكلي بالكيلوواط (ب) القدرة المعطاة

للمحرك (ج) الكفاءة (د) التيار في عضو الإنتاج I_A

(هـ) تيار المجال I_M (و) فقد المجال L_M كنسبة مئوية من P_1

(ز) مقاومة بدء حركة مستوى الملامسات لبدء الدوران بحمل

كامل ومثل النتائج بيانياً .



٤٤ - ٤٠ محرك ذو لفائف موصلة على التوازي بياناته هي:

$$220 \text{ V}; 6 \text{ kW}; I = 33,5 \text{ A}; L_M = 280 \text{ W}; L_A = 540 \text{ W}$$

(L_M = الفقد في المغنطيس ، L_A = الفقد في عضو الإنتاج) احسب:

(أ) تيار المغنطيس (I_M) (ب) تيار عضو الإنتاج (I_A) (ج) الكفاءة (η)

(د) الجهد المفقود (U_f) في عضو الإنتاج (هـ) مقاومة عضو الإنتاج (R_a)

(و) ق.د.ك. المضادة (E_c) (ز) مقاومة بدء حركة مستوى

اللامسات لبدء الدوران بحمل زائد

(ح) زمن استخدام بادئ الحركة .

٤٤ - ٤١ محرك ذو لفائف موصلة على التوالي:

$$3,6 \text{ kW}; 220 \text{ V}; \eta = 0,72; R_a = 2,5 \Omega; R_M = 1,8 \Omega$$

احسب مقاومة بدء الحركة الدلفينية لبدء الدوران:

(أ) بنصف حمل (ب) بحمل كامل (ج) بحمل زائد .

٤٤ - ٤٢ محرك ذو لفائف موصلة على التوازي: $220 \text{ V}, 5 \text{ kW}$

تبلغ القدرة المستهلكة بواسطة لفيفة المغنطيس به 70% من

القدرة الاسمية . يراد التحكم في سرعة الدوران بواسطة مقاومة

ضبط تيار المغنطيس وذلك بخفض التيار I_M في لفيفة

المغنطيس بمقدار 20% . احسب:

(أ) التيار والقدرة المستهلكة بواسطة لفيفة المغنطيس قبل

توصيل مقاومة ضبط تيار المغنطيس

(ب) قيمة مقاومة ضبط تيار المغنطيس .

بادئ الحركة - مقاومة ضبط تيار المغنطيس

٤٤ - ٣٠ محرك تيار مستمر يعمل على 220 V بإثارة خارجية

ومقاومة عضو إنتاجه هي $R_a = 0,45 \Omega$ وتبلغ مقاومة خط

تغذيته بما فيه أجهزة الوصل $0,15 \Omega$. ما مقدار التيار I_A عند

التوصيل المباشر بدون بادئ حركة؟

٤٤ - ٣١ احسب قيمة الهبوط في تيار الوصل إذا زادت

مقاومة دائرة عضو الإنتاج عن طريق مقاومة بدء الحركة إلى

عشرة أمثال قيمتها؟

٤٤ - ٣٢ محرك تيار مستمر بلفائف موصلة على التوازي بياناته

المعلومة هي: $U = 110 \text{ V}, I_A = 32 \text{ A}, R_a = 0,3 \Omega$ ، وبفرض أن

المحرك يبدأ الدوران بالتيار الاسمي ، احسب: (أ) فقد الجهد U_0

(ب) ق.د.ك. المضادة (ج) مقاومة بدء الحركة (R_{st}) .

$$U_f = I_A \cdot R_a = 32 \text{ A} \cdot 0,3 \Omega = 9,6 \text{ V}$$

$$U = E_c + U_f; E_c = U - U_f = 110 \text{ V} - 9,6 \text{ V} = 100,4 \text{ V}$$

مقاومة بادئ الحركة (R_{st}):

$$R_{st} = \frac{E_c}{I_A} = \frac{100,4 \text{ V}}{32 \text{ A}} = 3,14 \Omega$$

حل آخر للجزء (ج): $R_{st} = \frac{U}{I_A} - R_a = \frac{110 \text{ V}}{32 \text{ A}} - 0,3 \Omega = 3,14 \Omega$

٤٤ - ٣٣ احسب مقاومة بدء الحركة R_{st} للمحرك في المسألة

السابقة إذا كان: (أ) بدء الدوران بنصف حمل (ب) بدء

الدوران بحمل كامل (ج) بدء الدوران بحمل زائد (انظر

تعليمات VDE 0650 صفحة ١٠٨)

٤٤ - ٣٤ محرك تيار مستمر بلفائف موصلة على التوازي بياناته

هي: 220 V و تيار عضو الإنتاج الاسمي 20 A و $\eta = 0,78$

و $R_a = 0,25 \Omega$. احسب: (أ) قيمة مقاومة بدء الحركة إذا وجب

ألا تتعدى القيمة العظمى للتيار عند بدء الدوران 1,7 مرة مثل

التيار الاسمي (ب) زمن استخدام بادئ الحركة للمحرك طبقاً

للمصيغة الرياضية: $t = 4 + 2 \sqrt{P_{kW}} \text{ (s)}$

٤٤ - ٣٥ القيم الاسمية لعضو الإنتاج في محرك تيار مستمر هي:

$$U = 440 \text{ V}; I = 100 \text{ A}; R_a = 0,3 \Omega; \eta = 0,8$$

يراد تعيين سرعة وزمن بدء الدوران بحمل كامل لمقاومة بدء

حركة مستوى الملامسات بالاستعانة بمعطيات الجدول التالي .

نوع بدء الدوران	١	٢
بنصف حمل	0,65	0,75
بحمل كامل	1,3	1,5
بحمل زائد	1,7	2,0

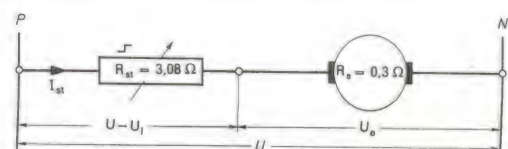
مأخوذ من
بند 22 لتعليمات VDE 0650 :
«حمل بدء التشغيل»
القيم العادية للنسبة $\frac{I_{m(st)}}{I}$
حيث $I =$ التيار الاسمي
 $I_{m(st)} =$ تيار بدء الدوران المتوسط

١ - مقاومات بدء حركة مستوى الملامسات أو ذات تلامس

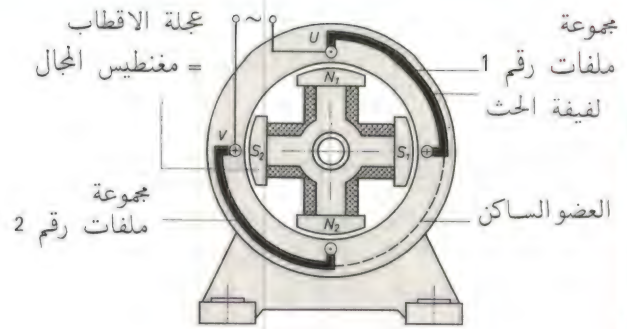
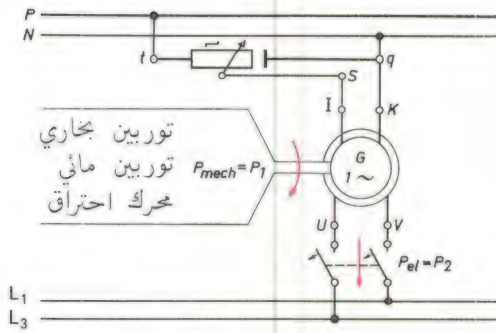
داري .

٢ - مقاومات بدء حركة هيدروليكية ومقاومات بدء الحركة

الدلفينية (أسطوانية) .



القدرة — الكفاءة



د) ولما كان معامل القدرة جتا ϕ ($\cos \phi$) يعتمد على نوع التحميل (أحمال أومية أو حثية أو سعوية) فإن المعطيات للمولد تحتوي على القدرة الاسمية وتساوي القدرة الظاهرية للمولد:

$$S = U \cdot I \quad VA$$

هـ) تؤخذ قدرة الإدارة اللازمة (P_1) من محرك احتراق داخلي أو من توربين بخاري أو مائي. يجب أن تغطي القدرة المعطاة للمحرك القدرة الفعالة المستفادة منه والفقد (فقد النحاس والحديد) في المولد.

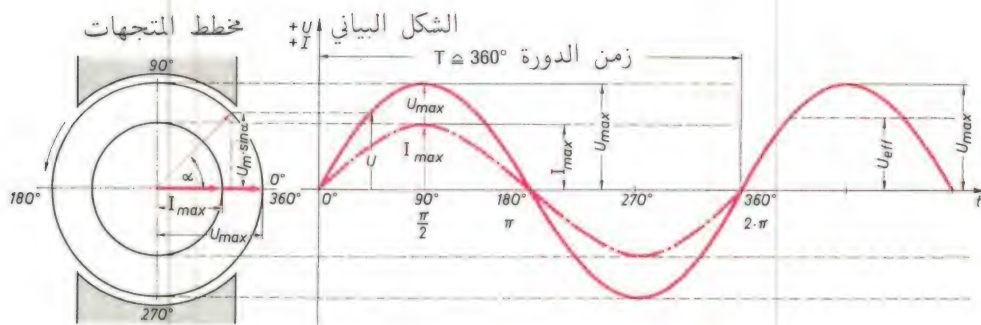
$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

أ) تصنع مولدات التيار المتردد للجهود العالية (من 6 kV إلى 20 kV) وللقدرة الكبيرة (حتى 200 000 kVA) كمكثات ذات أقطاب دوارة لضمان خفض التيار أثناء التشغيل.

ب) يستمد التيار المستمر اللازم للإثارة الخارجية لمولد التيار المتردد من بطارية أو من مقوم قدرة أو من مولد بلفائف موصلة على التوازي (110 V أو 220 V).

ج) توصل جميع الملفات المنتمية إلى مجموعة اللفائف الواحدة على التوالي.

التردد — عدد الأقطاب — القيمة العظمى — القيمة الفعالة — القيمة اللحظية



والتيار ويمكن إيجاد الجهد اللحظي المستحث عند كل زاوية دوران α من القيمة العظمى لنصف دورة:

$$U = U_{\max} \sin \alpha \quad V$$

U_{\max} = القيمة العظمى = أكبر قيمة لحظية

α = زاوية الدوران

تنتج القيمة الفعالة (القيمة المؤثرة) للجهد أو للتيار من القيمة العظمى:

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\max}}{1.41} \quad V$$

$$I_{\text{eff}} = \frac{I_{\max}}{1.41} \quad A$$

أ) توجد علاقة قوية بين سرعة الدوران n للمولد التزامني وتردد الجهد المستحث f .

ب) يعتمد التردد f على عدد أزواج الأقطاب وعلى سرعة الدوران التي تتحرك بها عجلة الأقطاب.

$$f = \frac{p \cdot n}{60} \quad \text{Hz}$$

n = سرعة الدوران (r.p.m.)
 p = عدد أزواج الأقطاب

ج) يقابل كل وضع لعجلة الأقطاب قيمة لحظية معينة للجهد

تمرينات

٤٥ - ١ حوّل إلى هيرتز (Hz) :

- (أ) 0,8 kHz (ب) 3,5 MHz (ج) 520 MHz (د) 6,5 kHz
(هـ) 0,9 MHz (و) 0,05 kHz

٤٥ - ٢ ما هو زمن الدورة للترددات التالية :

- (أ) $f=50 \text{ Hz}$ (ب) $f=800 \text{ Hz}$ (ج) $f=10 \text{ kHz}$ (د) $f=0,8 \text{ MHz}$
٤٥ - ٣ اوجد القيم العظمى (U_{\max}) للجهود الفعالة (U) التالية :
(أ) 24 V (ب) 42 V (ج) 60 V (د) 110 V (هـ) 125 V
(و) 220 V (ز) 380 V (ح) 1,2 kV

٤٥ - ٤ اوجد القيم الفعالة (U_{eff}) للجهود العظمى (U_{\max}) التالية :

- (أ) 6 V (ب) 50 V (ج) 120 V (د) 600 V (هـ) 0,8 kV
(و) 1,3 kV (ز) 20 kV

٤٥ - ٥ يعطي مولد تيار متردد 25 A للشبكة. ما هي القيمة العظمى لهذا التيار؟

٤٥ - ٦ تبلغ القيمة العظمى لجهد مولد تيار متردد 0,705 kV اوجد الجهد الذي يبينه جهاز قياس ذو قلب حديدي متحرك؟

٤٥ - ٧ احسب القيم اللحظية لمولد تيار متردد ذي القيمة العظمى 300 V، لزوايا الدوران التالية :

- (أ) 20° (ب) $\frac{\pi}{4}$ (ج) 50° (د) 68° (هـ) 80° (و) $\frac{\pi}{2}$
(ز) 14° (ح) 32°

٤٥ - ٨ احسب القيم اللحظية لتيار متردد ذي قيمة عظمى

$I_{\max}=5 \text{ A}$ لزوايا الطور : (أ) 0° (ب) 30° (ج) 50° (د) 90°

٤٥ - ٩ احسب التردد الناتج من مولد تيار متردد ذي قطبين

($p=1$) عند سرعات الدوران : (أ) 300 (ب) 1000 (ج) 1500
(د) 2400 (هـ) 3000 (و) 3600 دورة في الدقيقة (r.p.m.).

٤٥ - ١٠ تولد مولدات تردد قدره 50 Hz احسب سرعة

الدوران اللازمة لإدارة كل منها إذا بلغ عدد الأقطاب لكل منها :

- (أ) 12 قطبا (ب) 14 قطبا (ج) 16 قطبا (د) 20 قطبا
(هـ) 24 قطبا.

٤٥ - ١١ بكم زوج من الأقطاب يجب تجهيز المولدات

الأحادية الطور التالية ، إذا أريد لسرعة الدوران عند التردد

$f=50 \text{ Hz}$ أن تبلغ :
(أ) 3000 (ب) 1500 (ج) 1000 (د) 750 (هـ) 600 دورة في

الدقيقة (r.p.m.)؟

٤٥ - ١٢ يراد المحافظة على التردد $f=50 \text{ Hz}$ ، بتفاوت مسموح

قدره $\pm 1,5\%$ في مولد تيار متردد ذي أربعة أزواج من الأقطاب
($p=4$) . بين أي قيمتين يجب أن تقع سرعة دورانه؟

٤٥ - ١٣ بأي سرعة دوران يجب إدارة مولد أحادي الطور ذي

12 قطبا ويستخدم بالخطوط الحديدية لإنتاج تردد قدره

$16\frac{2}{3} \text{ Hz}$ وإلى أي قيمة وبأي نسبة مئوية ينخفض التردد ، إذا

نقصت سرعة الدوران بنسبة 8% عن القيمة المفروضة؟

٤٥ - ١٤ إذا رفع مولد تيار متردد ، ذو 16 قطبا ، ترددا من

50 Hz إلى 54,5 Hz احسب النسبة المئوية لزيادة سرعة الدوران .

٤٥ - ١٥ مولد أحادي الطور قيمه الاسمية : 100 kVA

220 V/50 Hz ومعامل قدرته $\cos \varphi = 0,75$ احسب القدرة الفعالة

التي يمكن أن يعطيها المولد؟ ما هي القدرة التي يأخذها المولد عند عمود إدارته إذا بلغت كفايته 90%.

الحل : $P_2 = S_2 \cdot \cos \varphi = 100 \text{ kVA} \cdot 0,75 = 75 \text{ kW}$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} ; P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{75 \text{ kW}}{0,9} = 83,4 \text{ kW}$$

٤٥ - ١٦ ما هي القدرة الفعالة ، التي يعطيها مولد أحادي

الطور بالقيم الاسمية : 220 V, 50 kVA إلى الشبكة ، عند معامل قدرة ($\cos \varphi$) مساو لما يلي : (أ) 0,62 (ب) 0,75 (ج) 0,86؟

٤٥ - ١٧ يدير محرك ديزل مولد تيار متردد بقدرة 18,4 kW

احسب القدرة الفعالة التي يعطيها المولد بكفاية قدرها 0,8 .

ما هي الصفة المميزة للمولد من ناحية القدرة ، إذا ضبط

معامل القدرة على القيمة $\cos \varphi = 0,85$ عند تحميله حثيا؟

٤٥ - ١٨ صم مولد أحادي الطور للقيم الاسمية التالية : الجهد

$U=6 \text{ kV}$ وشدة التيار $I=300 \text{ A}$:

(أ) ما هي الصفة المميزة له من ناحية القدرة (ب) اوجد قدرة

إدارة المولد عند تحميله أوميا عند : $\cos \varphi = 1$ و $\eta = 0,9$ (ج) ما

هي قدرة الإدارة اللازمة لتحميل حثي عند $\cos \varphi = 0,7$ و $\eta = 0,8$.

٤٥ - ١٩ مولد أحادي الطور ، ينتج جهدا إسميا قدره 230 V

ومدار بقدرة 22 kW . عندما كانت $\cos \varphi = 0,8$ ، أعطى للشبكة

18 kW : (أ) اوجد الكفاية التي يعمل بها المولد (ب) بأي

شدة تيار يحمل المولد؟

٤٥ - ٢٠ إذا أدير مولد قدرته 3 kW وكفايته 0,82 ، بواسطة

توربين قدرته 110 kW . ما مقدار معامل القدرة الناتج ، إذا بلغ

تيار الحمل 36 A؟

٤٥ - ٢١ لوحة القدرة لمولد أحادي الطور مدون عليها

البيانات التالية :

230 V ; 82 A ; $\cos \varphi = 0,85$; 3 000 r.p.m. ; 50 Hz ; $U_{\text{exc}} = 220 \text{ V}$; $I_{\text{exc}} = 4 \text{ A}$

احسب : (أ) عدد أزواج الأقطاب (ب) الكفاية إذا أدير المولد

بمحرك ديزل قدرته 20 kW محملا بحمل كامل للتيار والجهد

(ج) القدرة المأخوذة للفيعة الإستثارة (د) النسبة بين القدرة

المستفادة من المولد وقدرة الإثارة عند التشغيل الإسمي للمولد .

٤٥ - ٢٢ يدار مولد تيار متردد لوحدة قدرة طوارئ بواسطة

محرك يعمل بالبنزين . وعند التشغيل قيس عند جهد أطراف

$U=230 \text{ V}$ تيار تحميل $I=28 \text{ A}$. بواسطة راسم الذبذبات تم تعيين

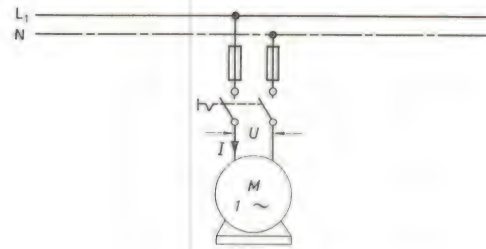
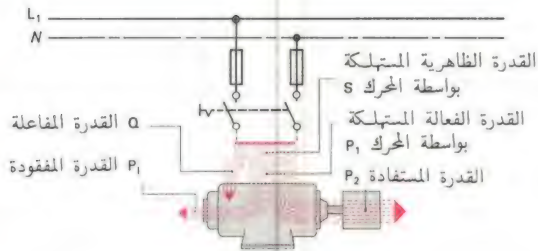
إزاحة بين U و I قدرها $\varphi = 35^\circ$. ما هي القدرات الفعالة

والمفاعلة والظاهرية التي يعطيها المولد للشبكة؟

٤٥ - ٢٣ احسب قيم الجدول الناقصة :

P_1	U	$\cos \varphi$	η	P_2	I
(kW)	(V)			(kW)	(A)
1,84	230	0,72	0,7	?	?
?	220	0,7	0,82	4	?
?	160	?	0,72	12,5	110
23,6	230	0,77	?	18,2	?
2 240	?	0,85	0,94	?	414

القدرة المطلوبة — قيم التشغيل — القيم الإسمية



ج) تتغير قيم التشغيل ($n, P_1, P_2, \eta, S, \cos \varphi, I$) مع تحميل المحرك، وتكون الكفاءة (η) أنسب ما يمكن عند التحميل الإسمي:

أ) إن القدرة المبينة على لوحة القدرة للمحركات أحادية الطور (مثل محرك متصل بمكثف - محرك تنافري-محرك عام - المحرك ذو الأقطاب المحجبة (المظلة) - محرك الخطوط الحديدية) هي القدرة الإسمية عند عمود الإدارة للمحرك. ويقاس العزم (M) بالنيوتن متر (Nm).

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

$$P_1 = P_2 - P_2$$

$$S = U \cdot I \quad VA$$

$$P_2 = \frac{M \cdot n}{9550} \quad kW$$

$$P_2 = \frac{U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta}{1000} \quad kW$$

$$P_1 = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad W$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi \quad var$$

ب) تستخدم المحركات أحادية الطور، مثل المحركات ثلاثية الأطوار، للتشغيل الإسمي بمقتضى معطيات لوحة القدرة.

تيار بدء الدوران وعزم البدء للمحركات أحادية الطور ذات عضو دوّار بشكل قفص السنجاب

دائرة بدء الدوران	تيار بدء الدوران	عزم البدء	عزم الانقلاب	معامل القدرة	الكفاءة
لفيفة مساعدة مع مقاومة أومية	$5 \dots 6 \cdot I_N$	ذات قطبين $0,7 \dots 1,0 \cdot M_N$	$1,6 \dots 2,0 \cdot M_N$	0,75	0,6...0,7
لفيفة مساعدة مع مكثف تشغيل C_{op}	$4 \cdot I_N$	ذات أربعة أقطاب $1,0 \dots 1,6 \cdot M_N$	$1,5 \dots 1,6 \cdot M_N$	0,9...1,0	0,65...0,75
لفيفة مساعدة مع مكثف تشغيل C_{op} ومكثف بدء دوران C_{st}	$3 \cdot I_N$	$2,0 \dots 3,5 \cdot M_N$	$1,5 \dots 1,8 \cdot M_N$	0,9...1,0	0,65...0,75
محرك ذو أقطاب محجبة (مظلة)	$1,5 \cdot I_N$	$0,5 \dots 1,0 \cdot M_N$	$1,6 \cdot M_N$	0,5	0,2

قيم مكثفات بدء الحركة ومكثفات التشغيل للمحركات أحادية الطور 220 V/50 Hz

ويمكن حساب سعة كل من مكثف بدء الحركة C_{st} ومكثف التشغيل C_{op} بالتقريب إذا كان عزم البدء $M_{st} =$ عزم الدوران الإسمي M_N كالآتي:

$$C_{st} \approx \frac{P_{1kW} \cdot 3 \cdot 10^6}{U^2 \cdot \cos \varphi} \quad \mu F$$

مكثف التشغيل:

$$C_{op} \approx \frac{1}{3} \cdot C_{st} \quad \mu F$$

P_2 للمحرك	ذو قطبين مع مكثف تشغيل (C_{op})	ذو أربعة أقطاب مع مكثف تشغيل (C_{op})	ذو قطبين مع مكثف بدء (C_{st})	ذو أربعة أقطاب مع مكثف بدء (C_{st})
90 W	—	4 μF	15 μF	15 μF
180 W	5,5 μF	5,5 μF	20 μF	25 μF
360 W	10 μF	10 μF	50 μF	—
550 W	16 μF	—	—	—

يلزم أربعة أضعاف السعة تقريبا للحصول على جهد قدره $U = 110 V/50 Hz$

تمرينات

٤٦- ١ توجد على لوحة القدرة لمحرك غير متزامن، أحادي الطور، ذي أربعة أقطاب، المعطيات التالية :

احسب : $220 \text{ V}/50 \text{ Hz}$; $n = 1450 \text{ r.p.m.}$

(أ) سرعة الدوران التزامنية (ب) التفويت (الانزلاق) في العضو الدوار عند التحميل الإسمي كنسبة مئوية (ج) سرعة الدوران عند اللاحمل للمحرك، إذا بلغ التفويت عند اللاحمل 0,6% .

الحل :

$$n_f = \frac{f \cdot 60}{p} = \frac{50 \cdot 60}{2} \text{ r.p.m.} = 1500 \text{ r.p.m.} \quad (\text{أ})$$

$$s = n_f - n = 50 \text{ r.p.m.} \approx 3,3\% \quad (\text{ب})$$

$$n = n_f - s = 1500 \text{ r.p.m.} - \left(\frac{1500 \cdot 0,6}{100} \right) \text{ r.p.m.} = 1491 \text{ r.p.m.} \quad (\text{ج})$$

$$= 1500 \text{ r.p.m.} - 9 \text{ r.p.m.} = 1491 \text{ r.p.m.}$$

٤٦- ٢ احسب التفويت s كنسبة مئوية .

د	ج	ب	أ	
1000	3 000	1500	750	n_f سرعة دوران المحال
				سرعة دوران عمود الإدارة n (r.p.m.)
940	2 820	1420	710	

٤٦- ٣ محرك ذو ستة أقطاب به تفويت 6%. عين سرعة دوران عمود إدارته عند توصيله على كل من الترددات الآتية :

(أ) $16 \frac{2}{3} \text{ Hz}$ (ب) 50 Hz (ج) 60 Hz (د) 100 Hz

٤٦- ٤ يدور محرك تزامني عند التردد 50 Hz بسرعة 500 r.p.m. ما عدد أقطابه؟

٤٦- ٥ احسب القيم الناقصة بالجدول لمحرك التيار المتردد اللاتزامني .

n_f	n	s	p	f
(r.p.m.)	(r.p.m.)	(%) أو (r.p.m.)	(عدد أزواج الأقطاب)	(Hz)
?	235	? r.p.m.	4	$16 \frac{2}{3}$ (أ)
?	342	? %	8	50 (ب)
?	?	15 r.p.m.	6	60 (ج)
3 000	?	120 r.p.m.	1	? (د)
?	1442	? %	2	50 (هـ)
1 500	1420	? %	?	50 (و)

٤٦- ٦ عند تشغيل محرك تيار متردد بينت أجهزة القياس القيم : $U = 220 \text{ V}$, $I = 6,5 \text{ A}$, $P = 1,05 \text{ kW}$. ما مقدار معامل القدرة

الفعالة ($\cos \phi$) ومعامل القدرة المفاعلة ($\sin \phi$)؟

٤٦- ٧ أخذت البيانات التالية من لوحة بيانات لمحرك أحادي الطور : $\cos \phi = 0,72$; $n = 1420 \text{ r.p.m.}$; 220 V ; 50 Hz ; $8,2 \text{ A}$; احسب : (أ) القدرات الفعالة والظاهرية والمفاعلة، المستهلكة بواسطة المحرك عند التحميل الإسمي (ب) قدرة المحرك (kW) إذا كانت الكفاءة 0,68 (ج) عزم الدوران للمحرك M عند التشغيل الإسمي .

٤٦- ٨ يعطي محرك تيار متردد 220 V عند التشغيل الإسمي وعند كفاءة 0,74 قدرة 2,6 kW عند عمود إدارته . ويبلغ معامل القدرة من المعطيات 0,8. احسب : (أ) القدرة الفعالة والقدرة الظاهرية والقدرة المفاعلة المستهلكة بواسطة المحرك (ب) تيار المحرك I .

٤٦- ٩ يعمل محرك أحادي الطور قدرته 0,75 kW على جهد 220 V ومعامل قدرته $\cos \phi = 0,78$ وكفاءته 0,66. احسب القدرة المستهلكة بواسطة المحرك والتيار المسحوب عند التحميل الإسمي .

٤٦- ١٠ عند إجراء تجربة كبج لمحرك أحادي الطور قيست القيم التالية : $U = 220 \text{ V}$; $I = 2,15 \text{ A}$; $P_1 = 282 \text{ W}$; $P_2 = 180 \text{ W}$ احسب : (أ) الكفاءة (ب) القدرة الظاهرية (ج) معاملي القدرة الفعالة والقدرة المفاعلة (د) القدرة المفاعلة هـ) التيارين الفعال والمفاعل (و) زاوية الإزاحة الطورية .

٤٦- ١١ احسب جهد التشغيل لمحرك أحادي الطور من المعطيات التالية : $I = 2,85 \text{ A}$ $\cos \phi = 0,68$, $\eta = 0,75$ والقدرة الإسمية 550 W .

٤٦- ١٢ محرك أحادي الطور معطيته هي : $\eta = 78\%$; $1,5 \text{ kW}$; $6,6 \text{ A}$; $\cos \phi = 0,76$; احسب الجهد الواجب توصيله بالمحرك .

٤٦- ١٣ احسب القدرة بالكيلوواط التي يعطيها محرك أحادي الطور يسحب عند 220 V تيارا قدره 2,8 A مع العلم بأن الكفاءة تبلغ 0,62 وأن معامل القدرة يبلغ 0,78. ما مقدار عزم الدوران الإسمي عند $n = 2 820 \text{ r.p.m.}$ ؟

٤٦- ١٤ يلزم لمنشار دائري، طبقا لمعطيات النشرة التوضيحية عند سرعة دوران 2 700 r.p.m. عزم دوران قدره 6,5 Nm. احسب : (أ) القدرة الإسمية لمحرك متصل بمكثف يعمل على 220 V لإدارة المنشار الدائري

(ب) التيار I في خط التغذية عند $\cos \phi = 0,8$, $\eta = 0,75$.

٤٦- ١٥ يراد رفع حمولة قدرها 120 kg إلى ارتفاع 12 m في زمن قدره 14 s بواسطة مصعد بناء كفاءته 72%. فإذا كان المصعد يعمل بمحرك بجهد 220 V ومعامل قدرة $\cos \phi = 0,8$ وكفاءته 0,7، احسب :

(أ) القدرة الإسمية للمحرك أحادي الطور .

(ب) القدرة الفعالة المستهلكة بواسطة المحرك والتيار المسحوب .

٤٦- ١٦ عين سعة : (أ) مكثف بدء الدوران C_{st} (ب) مكثف التشغيل C_{op} لمحرك أحادي الطور، معطيته هي : $\cos \phi = 0,5$ 220 V ; 6 A ;

٤٦- ١٧ محرك مكثفة كهربائية بياناته هي :

$220 \text{ V}/50 \text{ Hz}$, $\cos \phi = 0,75$ ، يسحب تيارا قدره 0,8 A. احسب : تكلفة التشغيل الشهرية (30 يوما) لزمن تشغيل يومي قدره 15 min ولسعر طاقة يبلغ 0,10 SR/kWh .

٤٦- ١٨ شغل محرك غسالة كهربائية بياناته هي : 220 V , 50 Hz , $\cos \phi = 0,7$ واستهلك تيار قدره 3,5 A لمدة $4 \frac{1}{2} \text{ h}$. احسب تكلفة التشغيل لسعر طاقة مقداره 0,12 SR/kWh .

٤٦- ١٩ يدير محرك تيار متردد يوميا مثقاباً لمدة 3,5 h بتحميل إسمي قدره 520 W وبكفاءة 0,8 ولمدة 0,5 h بنصف حمل وبكفاءة 0,45. احسب استهلاك الشغل الشهري W على أساس 22 يوما (الوحدة kWh) .

٤٦- ٢٠ معطيات محرك متصل بمكثف بدء حركة ومكثف تشغيل هي كالآتي : 220 V و $3,5 \text{ A}$ و $\cos \phi = 0,9$ و $\eta = 0,7$ و $n = 1450 \text{ r.p.m.}$

احسب : (أ) تيار بدء الحركة (ب) عزم الدوران الإسمي (ج) أكبر عزم بدء وعزم انقلاب . (انظر الجدول باللوحة ٤٦) .

توليد الجهد — المعادلة الرئيسية للمحولات

رموز المحول:

- (أ) الليفة الابتدائية = ليفة الدخول (N_1).
 (ب) الليفة الثانوية = ليفة الخروج (N_2).
 (ج) ليفة الجهد العالي: هي الليفة المتصلة بالشبكة ذات الجهد الأعلى.
 (د) ليفة الجهد المنخفض: هي الليفة المتصلة بالشبكة ذات الجهد الأقل.
 (هـ) U_1 = الجهد الابتدائي، U_2 = الجهد الثانوي

المعادلة الرئيسية للمحول:

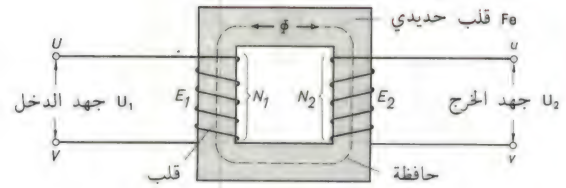
$$E_2 = 4,44 \cdot B_{\max} \cdot A \cdot f \cdot N_2$$

V

حيث:

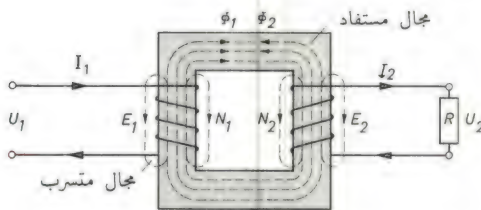
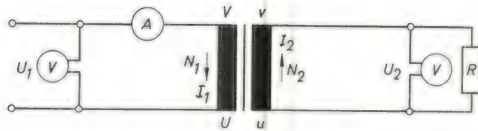
 A = مساحة مقطع القلب بالتر المربع (m^2)

$$4,44 = \frac{2 \cdot \pi}{\sqrt{2}}$$

 f = التردد بالهيرتز (Hz) و $1 \text{ Hz} = 1/s$ B = كثافة التدفق بالتسلا (T) و $1 \text{ T} = 1 \text{ Vs/m}^2$ 

تقوم المحولات بتحويل الجهود المترددة وهي تستخدم في نقل الطاقة الكهربائية عبر مجال كهربائي مغنطيسي متردد، من نظم (مصادر) لها جهد وتردد معينان، إلى نظم لها الجهد المرغوب فيه ولكن بنفس التردد، وتستخدم المحولات، بالإضافة إلى ذلك، لتوصيل الأجراس والمصابيح القوسية ومكثفات الحام بالمقاومة واللعب الكهربائية ومصابيح الإضاءة بالتفريغ، ولتجنب جهود التلامس المرتفعة ذات الخطورة (تستعمل محولات حماية ومحولات فصل ومحولات عزل).

سلوك المحول أثناء الدائرة المفتوحة (الاحمل) وأثناء التحميل

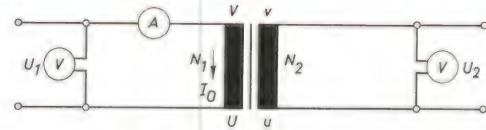


عند حساب الكفاءة η تؤخذ المفقودات في الاعتبار ويظهر فقد الحديد L_{Fe} فعلا في حالة الدائرة المفتوحة ويزيد فقد النحاس L_{Cu} بزيادة التيار I_2 .

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + L_{Fe} + L_{Cu}}$$

يؤخذ تيار الدائرة المفتوحة I_0 (تيار الاحمل) الذي يسحبه المحول غير الحمل في الاعتبار، ولذلك فالتيار I_1 يتكون من التيارات الآتية (ليس مجموع الأعداد، وإنما بمجموع المتجهات):

$$\left. \begin{array}{l} \text{تيار الحمل: } I_2 \cdot \frac{N_2}{N_1} = I_1 \\ \text{تيار الدائرة المفتوحة (الاحمل) } I_0 \text{ ويتراوح بين 4\% إلى 12\% من التيار الإسمي } I_N \\ \text{تيار المغنطة (تيار مفاعل } I_M) \\ \text{تيار فقد الحديد (تيار فعال } I_a) \end{array} \right\}$$



يمكن استخدام المحول لتحويل الجهد. ففي كل لفة منفردة من الليفة الابتدائية والثانوية يستحث جهد لفة متساو (الصيغة ١).

تكون نسبة الجهد الابتدائي في المحول المثالي (عدم الفقد) إلى الجهد الثانوي كنسبة عدد اللفات الابتدائية إلى عدد اللفات الثانوية (الصيغة ٢)

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

٢

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

١

نسبة التحويل للمحول أثناء الدائرة المفتوحة طبقا لتعليمات VDE 0532.

$$t_r = \frac{\text{الجهد الأعلى}}{\text{الجهد الأقل}}$$

وطبقا لقانون حفظ الطاقة فإن القدرة S_1 التي يأخذها المحول المثالي تساوي القدرة التي يعطيها S_2 :

$$S_1 = S_2$$

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$

يمكن استخدام المحول لتحويل التيار. وتتناسب شدة التيار في ملفات المحول المثالي عكسيا مع الجهود، وعكسيا أيضا مع عدد اللفات:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

الحل :

$$U_1 = 4,44 \cdot \Phi_{\max} \cdot f \cdot N_1$$

$$N_1 = \frac{U_1}{4,44 \cdot \Phi_{\max} \cdot f} = \frac{U_1}{4,44 \cdot B_{\max} \cdot A \cdot f}$$

$$N_1 = \frac{3000 \text{ V}}{4,44 \cdot 1 \text{ T} \cdot 0,009 \text{ m}^2 \cdot 50 \text{ 1/s}} = 1500 \text{ لفة}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}; N_2 = N_1 \cdot \frac{U_2}{U_1} = 1500 \cdot \frac{200}{3000} = 100 \text{ لفة}$$

٤٧-١٠ أوجد عدد اللفات N_1 و N_2 التي يجب أن يحتويها محول تيار متردد بياناته هي: $B_{\max} = 1,2 \text{ T}$ و $A = 60 \text{ cm}^2$ عند $f = 50 \text{ Hz}$ ، وذلك لرفع الجهد من 250 V إلى 3000 V ، يؤخذ في الاعتبار أن الطبقات الورقية البينية للقلب تمثل 8% من مساحة المقطع. ما مقدار نسبة التحويل t_r للمحول؟

٤٧-١١ ما مقدار كثافة التدفق B_{\max} بالتسلا (T) في مساحة المقطع الحديدي $A = 8 \text{ cm}^2$ لمحول غير محمل، وصل ملفه الابتدائي وعدد لفاته $N_1 = 1200$ بجهد متردد $220 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$ ؟ كم لفة تلزم للملف الثانوي، إذا أريد للمحول أن يعطي $3,3 \text{ kV}$ واعتبرت الطبقات الورقية البينية للقلب تمثل 8% من مساحة المقطع. ما مقدار نسبة التحويل للمحول؟

٤٧-١٢ احسب الجهد المتردد U بالقلوط اللازم لعمل ملف ذي مقطع حديدي مساحته $A = 22 \text{ cm}^2$ حيث: $B_{\max} = 1,2 \text{ T}$ (لفة) $f = 50 \text{ Hz}$, $N_1 = 380$.

٤٧-١٣ وصل الجانب الابتدائي لمحول ذي ملفات يمكن تبديلها على جهد متردد $U_1 = 220 \text{ V}$. احسب الجهود الثانوية للمحول غير المحمل، لعدد لفات ثانوية قدره: (أ) 6 (ب) 150 (ج) 600 (د) 1800 (هـ) 36 000 إذا لزم أن يكون عدد لفات الملف الابتدائي (لفة) $N_1 = 1200$ احسب نسبة التحويل t_r .

٤٧-١٤ يعطي الملف الثانوي لمحول 8 V و 300 mA ما مقدار التيار الابتدائي ونسبة التحويل، إذا كان جهد الشبكة 220 V ؟

الحل :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1}; I_1 = \frac{U_2 \cdot I_2}{U_1} = \frac{8 \text{ V} \cdot 0,3 \text{ A}}{220 \text{ V}} = 0,011 \text{ A}$$

$$t_r = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220 \text{ V}}{8 \text{ V}} = 27,5:1$$

٤٧-١٥ محول خفض الجهد من 220 V إلى 24 V ويعطي 6 A في الملف الثانوي ذي الجهد المنخفض. ما مقدار التيار في الملف ذي الجهد العالي؟

٤٧-١٦ احسب قيمة التيار الذي يعطيه محول إذا سحب تياراً قدره $1,8 \text{ A}$ عند نسبة تحويل: $t_r = \frac{U_H}{U_L} = \frac{8}{1}$.

٤٧-١٧ يحول محول خفض الجهد من 220 V إلى الجهود 3 V و 5 V و 8 V . احسب عدد اللفات في اللفيفة الثانوية ذات الجهد المنخفض (الثانوي)، وأين يوصل التفرع، إذا كان لللفيفة ذات الجهد العالي (الابتدائي) 480 لفة؟ احسب نسب التحويل الثلاث.

تمرينات

٤٧-١ أوجد الجهد E_2 المستحث في اللفيفة الثانوية لمحول أحادي الطور، ذي (لفة) $N_2 = 800$ إذا وصلت كثافة التدفق B إلى القيمة العظمى 1 T عند مساحة مقطع قلب قدرها 25 cm^2 وعند تردد 50 Hz . ما مقدار جهد اللفة e_2 ؟

$$(1 \text{ T} = 1 \text{ Vs/m}^2 = 1 \text{ Wb/m}^2)$$

الحل :

$$E_2 = 4,44 \cdot \Phi_{\max} \cdot f \cdot N_2 = 4,44 \cdot B_{\max} \cdot A \cdot f \cdot N_2$$

$$E_2 = 4,44 \cdot 1 \text{ T} \cdot 0,0025 \text{ m}^2 \cdot 50 \text{ 1/s} \cdot 800 = 444 \text{ V}$$

$$e_2 = \frac{E_2}{N_2} = \frac{444 \text{ V}}{800} = 0,55 \text{ V}$$

٤٧-٢ أوجد جهد اللفة e_2 لللفيفة ثانوية بمحول إذا كانت $B_{\max} = 1 \text{ T}$ ومساحة مقطع القلب 64 cm^2 والتردد $f = 50 \text{ Hz}$. ما قيمة الجهد المستحث E_2 إذا زيد عدد اللفات الثانوية من (لفة) $N_2 = 200$ إلى: (أ) الضعف (ب) ثلاثة أمثال (ج) أربعة أمثال؟ وما هي النتيجة المستفادة؟

٤٧-٣ محول أحادي الطور $f = 50 \text{ Hz}$ و (لفة) $A = 7 \text{ cm} \cdot 7 \text{ cm}$, $B_{\max} = 0,8 \text{ T}$, $N_2 = 500$ احسب: (أ) التدفق المغنطيسي Φ (ب) جهد اللفة e_2 (ج) الجهد الثانوي E_2 .

٤٧-٤ كم عدد اللفات اللازمة للملف الثانوي، لكي يصل جهده المستحث إلى 110 V عند $B_{\max} = 0,85 \text{ T}$ لقلب محول أبعاد مقطعه هي $5 \text{ cm} \cdot 5 \text{ cm}$ ، وعند تردد 50 Hz ؟

٤٧-٥ محول بياناته كالتالي: $E_2 = 220 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$ (لفة) $N_2 = 2000$. أوجد مساحة مقطع القلب المطلوبة، إذا أريد ألا تتعدى كثافة التدفق B القيمة $0,9 \text{ T}$.

٤٧-٦ ما هو التعديل الواجب في مقطع قلب المحول في المسألة السابقة، إذا استبدل تردد الشبكة 50 Hz بالترددات التالية:

(أ) $16 \frac{2}{3} \text{ Hz}$ (ب) 40 Hz (ج) 60 Hz .

٤٧-٧ محول معطياته هي: $f = 50 \text{ Hz}$, $A = 5 \text{ cm} \cdot 5 \text{ cm}$, $E_2 = 1 \text{ kV}$ (لفة) $N_2 = 1820$. ما هي القيمة العظمى الواجبة: (أ) للتدفق المغنطيسي Φ (ب) لكثافة التدفق B للمحول؟

٤٧-٨ احسب القيم الناقصة بالجدول.

د	ج	ب	أ	
380	220	1408	?	$E_2(\text{V})$
?	0,82	1	1,2	$B_{\max}(\text{T})$
$8 \cdot 10^{-4}$	$20 \cdot 10^{-4}$?	$36 \cdot 10^{-4}$	$A(\text{m}^2)$
60	$16 \frac{2}{3}$	50	50	$f(\text{Hz})$
?	?	1000	500	N_2 (لفة)
$4 \cdot 10^{-4}$?	?	?	$\Phi_{\max}(\text{Wb})$
?	?	?	0,55	$e_2(\text{V})$

٤٧-٩ احسب عدد اللفات N_1 و N_2 لمحول أحادي الطور مساحة مقطع قلبه 100 cm^2 , $B_{\max} = 1 \text{ T}$, $f = 50 \text{ Hz}$ ، ومطلوب أن يخفض الجهد من 3 kV إلى 200 V . (يمكن التعويض عن الطبقات الورقية البينية بين رقائق القلب بمقدار 10% من مساحة المقطع).

حساب القدرات

أ) $I=30\text{ A}$, $\cos \varphi=0,8$ ب) $I=85\text{ A}$, $\cos \varphi=0,72$

ج) $I=62\text{ A}$, $\cos \varphi=0,93$ د) $I=55\text{ A}$, $\cos \varphi=0,62$

هـ) $I=70\text{ A}$, $\cos \varphi=1$

احسب القدرة المعطاة للمحول بالكيلوواط (kW).

٤٧ - ٢٧ حمل محول أحادي الطور 220/42V بواسطة مدفأة كهربائية قدرتها 4 kW ($\cos \varphi=1$). احسب: أ) شدة التيار الثانوي I_2 ب) شدة التيار الابتدائي I_1 من الصيغة الرياضية لتحويل التيار ج) شدة التيار الابتدائي على أساس العلاقة $S_1=S_2$ مع إهمال المفقودات.

٤٧ - ٢٨ إذا كانت البيانات الموجودة على لوحة القدرة لمحول أحادي الطور هي: 20 kV/0,4 kV, 160 kVA احسب القدرة الفعالة وشدة التيار التي يمكن أخذها من المحول عند معاملات القدرة الفعالة التالية:

أ) $\cos \varphi=1$ ب) $\cos \varphi=0,9$ ج) $\cos \varphi=0,75$

د) $\cos \varphi=0,6$ هـ) $\cos \varphi=0,5$ و) $\cos \varphi=0,3$

ز) $\cos \varphi=0,2$ ح) $\cos \varphi=0,1$

٤٧ - ٢٩ وصلت الأجهزة التالية كحمل على محول أحادي الطور 5000/110 V: أ) محرك: 9 kW, $\eta=0,8$, $\cos \varphi=0,85$ ب) مصباحا متوهجا كل منها 200 W ج) فرن تقسية بياناته هي: 8 kW, $\cos \varphi=1$. وبفرض أن معامل القدرة المتوسطة هو 0,9، احسب: أ) القدرة الإسمية للمحول (kVA) ب) شدة التيار التي تظهر في الجانب الثانوي عند التحميل الإسمي. ج) مساحة مقطع الكبل النحاسي الذي يوصل المحول بمجموعة المفاتيح؟

٤٧ - ٣٠ يخفض محول أحادي الطور ذو قدرة إسمية 2,0 kVA وكفاية 0,95 الجهد من 220 V إلى 80 V، قيست 17 A في الجانب الثانوي عند توصيل أحمال أومية عالية. احسب:

أ) القدرة الفعالة المستفادة P_2 ب) القدرة الفعالة المعطاة P_1 ج) التيار المسحوب I_1 د) فقد المحول.

٤٧ - ٣١ حمل محول أحادي الطور 6 kV/0,4 kV عند $\cos \varphi=0,86$ بحمل مقداره 15 kW. احسب:

أ) القدرة الفعالة المستهلكة بواسطة الحمل.

ب) القدرة الظاهرية المعطاة للمحول

ج) التيار I في الجانب ذي الجهد العالي وفي الجانب ذي الجهد المنخفض

د) مفقودات المحول ($\eta=0,95$).

٤٧ - ٣٢ قيست القيم التالية عند التشغيل الإسمي لمحول ما وكانت:

$$U_2=20\text{ V}, I_2=8\text{ A}, U_1=220\text{ V}, I_1=0,75\text{ A}$$

احسب:

أ) كفاية المحول (η) ب) المفقودات؟

٤٧ - ٣٣ يراد توصيل جهاز معطياته هي: 42 V, $P_2=300\text{ W}$, $\eta=75\%$, $\cos \varphi=0,85$, $1/N \sim 50\text{ Hz}/220\text{ V}$ متردد على شبكة تيار متردد

فإذا فرض أن كفاية المحول هي 0,92، احسب: أ) شدة التيار في لفيفة الخروج ب) شدة التيار في لفيفة الدخول

ج) القدرة المستهلكة بواسطة الحمل P_1 والقدرة P_2 المعطاة للحمل بالواط د) المفقودات في الحمل بالواط هـ) احتياج الحمل من

القدرة المفاعلة (var).

٤٧ - ١٨ محول حماية 220/24 V، يعطي الملف الثانوي منه تياراً قدره 2,5 A. احسب القدرة الظاهرية المعطاة للمحول.

٤٧ - ١٩ إذا كان الجهد الإسمي لمحول أحادي الطور هو 6 kV والتيار الإسمي هو 85 A. ما قيمة القدرة الإسمية للمحول؟

٤٧ - ٢٠ إذا أعطيت محولات أحادية الطور القيم الإسمية الموجودة بالجدول. احسب شدتي التيارين I_1 و I_2 وقارن بين شدتي التيارين الإسميتين والجهود الإسمية. ما هي النتيجة المستفادة؟

أ	ب	ج	د	هـ	و
200	300	500	1000	2000	6000
125	220	220	380	500	380
24	42	42	24	42	110

الحل للجزء (أ):

$$S=U_1 \cdot I_1; I_1 = \frac{S}{U_1} = \frac{200\text{ VA}}{125\text{ V}} = 1,6\text{ A}$$

$$S=U_2 \cdot I_2; I_2 = \frac{S}{U_2} = \frac{200\text{ VA}}{24\text{ V}} = 8,33\text{ A}$$

٤٧ - ٢١ محول أحادي الطور قدرته الظاهرية 20 kVA، يعطي عند التوصيل على 3 kV جهداً ثانوياً قدره 220 V. احسب شدة التيار في الجانب ذي الجهد العالي والجانب ذي الجهد المنخفض. (إهمل الفقد).

٤٧ - ٢٢ يراد تحميل محول مثالي (ليست به مفقودات) أحادي الطور 220/110 V بحمل قدره 2200 VA. احسب: أ) التيارات في الجانبين الابتدائي والثانوي. ب) مساحة المقطع للفيقيتي الدخول والخروج، إذا أريد أن تكون كثافة التيار $S=2\text{ A/mm}^2$.

٤٧ - ٢٣ حمل محول حماية 220/24 V على جانب الخرج بمصباح متوهج 200 W فإذا كانت كفاية المحول 0,95، احسب: أ) شدة التيار I_2 في اللفيفة الثانوية ب) القدرة الابتدائية P_1 ج) شدة التيار I_1 في اللفيفة الابتدائية.

٤٧ - ٢٤ محول حماية 380/24 V قدرته الإسمية $S_2=1000\text{ VA}$ عند الكفاية 0,92. احسب عند توصيل مصابيح يدوية: أ) القدرة الفعالة P_1 و P_2 بالواط ب) شدة كلٍّ من التيارين في كل من اللفيفتين ج) فقد الملف (VA).

٤٧ - ٢٥ يخفض محول أحادي الطور، ذو 10 kVA الجهد من 6000 V إلى 220 V ما هي القدرة الفعالة القصوى P_2 ، التي يمكن أخذها من المحول في حالات التحميل الثلاثة التالية:

أ) أجهزة تدفئة ذات $\cos \varphi=1$

ب) محركات أحادية الطور ذات مكثف معامل قدرته $\cos \varphi=0,87$.

ج) مصابيح فلورية ذات $\cos \varphi=0,5$.

احسب شدة التيارات في اللفائف، إذا بلغت الكفاية 0,95. ما هي النتيجة المستفادة؟

٤٧ - ٢٦ أشارت أجهزة القياس في محطة محولات إلى القيم التالية على مدار اليوم لمحول أحادي الطور 10 kV/220 V:

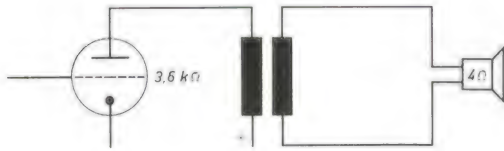
قارن بين نسبة التحويل للمحولات والنسبة المناظرة لتحويل المقاومة. ما هي النتيجة المستفادة؟

٤٧ - ٣٦ محول خفض أحادي الطور يحول الجهد من 220 V إلى 20 V وعدد لفات لفيفته الابتدائية $N_1=1600$ فإذا وصلت مقاومة $R_2=5\Omega$ على أطراف الليفة الثانوية،

احسب :

- عدد اللفات في الجانب ذي الجهد المنخفض
- شدة التيار الابتدائي والثانوي
- نسبة تحويل الجهود
- نسبة تحويل المقاومة.

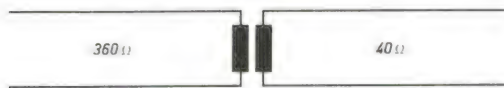
٤٧ - ٣٧ يراد موءمة مقاومة ضئيلة لمكبر صوت مقدارها 4Ω بواسطة محول مع المقاومة العالية للمرحلة النهائية وقدرها $3,6\text{ k}\Omega$ احسب نسبة التحويل.



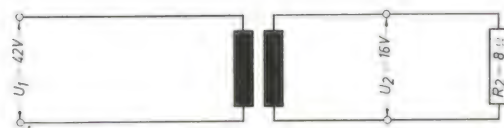
٤٧ - ٣٨ يحتوي الجدول التالي على مقاومات منابع وأحمال. ويراد الموءمة بينها بواسطة محول. احسب نسبة التحويل للقيم الموضحة بالجدول.

مقاومة الحمل R_2	مقاومة المنبع R_1	
4 Ω	2,5 kΩ	(أ)
9 Ω	0,4 kΩ	(ب)
36 Ω	900 Ω	(ج)
10 Ω	1000 Ω	(د)
25 Ω	8,1 kΩ	(هـ)
8 Ω	800 Ω	(و)

٤٧ - ٣٩ احسب نسبة التحويل اللازمة لمحول ما، لموءمة موصلين ذوي مقاومتين مختلفتين عن بعضهما البعض؟



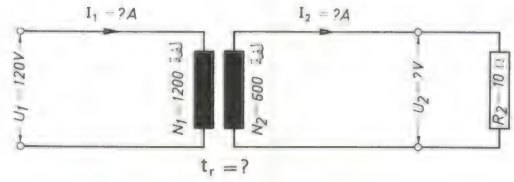
٤٧ - ٤٠ بأي مقاومة R_1 يحمل حمل مستهلك مقاومته $R_2=8\Omega$ على جانب الدخول؟ احسب نسبة التحويل t_r .



٤٧ - ٤١ محول ذو (لفة) $N_2=50$ يواظم مكبر صوت مقاومته 4Ω مع مقاومة خارجية قدرها $2,5\text{ k}\Omega$. عيّن نسبة التحويل (t_r) وعدد لفات الليفة الابتدائية (N_1).

موءمة المقاومة مع المحول
٤٧ - ٣٤ وصل محول أحادي الطور عدد لفاته الابتدائية (لفة) $N_1=1200$ على $U_1=120\text{ V}$ وحملت الليفة الثانوية التي عدد لفاتها $N_2=600$ بمقاومة $R_2=10\Omega$. احسب :

- الجهد الثانوي U_2 و تيار التحميل I_2
- التيار الابتدائي I_1 طبقا لقانون تحويل التيار
- نسبة التحويل t_r
- نسبة تحويل المقاومة.



$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}; U_2 = \frac{U_1 \cdot N_2}{N_1} = \frac{120 \text{ V} \cdot 600}{1200} = 60 \text{ V}$$

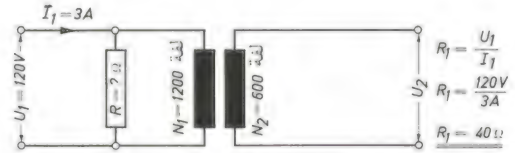
الحل :

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{60 \text{ V}}{10 \Omega} = 6 \text{ A}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}; I_1 = \frac{N_2 \cdot I_2}{N_1} = \frac{600 \cdot 6 \text{ A}}{1200} = 3 \text{ A}$$

$$t_r = \frac{U_1}{U_2} = \frac{120 \text{ V}}{60 \text{ V}} = 2:1$$

إذا وصل محول غير محمل مع الليفة الابتدائية للمقاومة R_1 على التوازي، نتج نفس التيار الابتدائي I_1 .



عند نسبة التحويل (2:1) تكون نسبة تحويل المقاومة :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{40}{10} = 4 \div 1 = 2^2 \div 1$$

وبذلك يمكن استنتاج الصيغة الرياضية لحساب R_1 بواسطة قانون أوم :

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1}; t_r = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

وبوضعها بصورة أخرى نحصل على :

$$U_1 = t_r \cdot U_2; I_1 = \frac{I_2}{t_r}; R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{t_r \cdot U_2}{\frac{I_2}{t_r}} = t_r^2 \cdot \frac{U_2}{I_2}; R_2 = \frac{U_2}{I_2}$$

$$R_1 = t_r^2 \cdot R_2; t_r = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$$

٤٧ - ٣٥ احسب نسبة تحويل المقاومة لثلاثة محولات، بياناتها هي :

أ) المحول I : لفة $N_1=2400$; $U_1=240\text{ V}$

$R_2=10\Omega$; لفة $N_2=800$

ب) المحول II : لفة $N_1=2400$; $U_1=240\text{ V}$

$R_2=10\Omega$; لفة $N_2=600$

ج) المحول III : لفة $N_1=2400$; $U_1=240\text{ V}$

$R_2=10\Omega$; لفة $N_2=400$

نسب القدرة في مولد التيار ثلاثي الأطوار

(ب) يأخذ مولد التيار ثلاثي الأطوار طاقة حركة التوربين ، عند عمود الإدارة .

$$P_2 \text{ (مولد)} = P_1 \text{ (توربين)}$$

$$P_2 \text{ (توربين)} = \frac{G \cdot h}{1000 \cdot t} \cdot \eta \text{ kW}$$

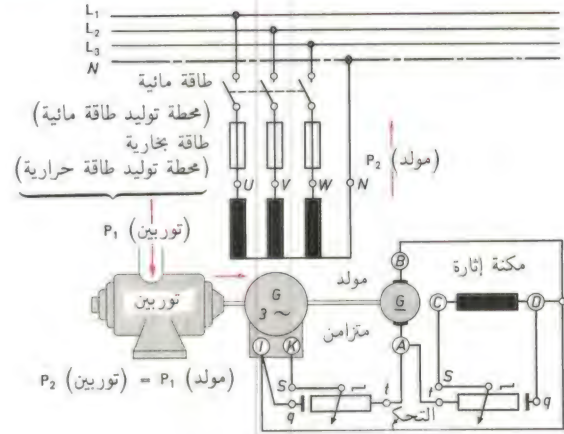
G = ثقل (وزن) كمية الماء بالنيوتن (N) و h = الارتفاع الهيدرولي بالمتر (m) و t = الزمن بالثانية (s).

(ج) تحدد قدرة المولد عن طريق معرفة الفقد . حيث القدرة المستفادة من التوربين P_2 = القدرة الداخلة للمولد P_1 وتساوي القدرة الفعالة (المستفادة) من المولد مضافا إليها المفقودات النحاسية والحديدية .

$$\eta \text{ مولد} = \frac{P_2 \text{ (مولد)}}{P_1 \text{ (مولد)}}$$

(د) حيث إن معامل القدرة $\cos \phi$ يتحدد بنوع التحميل لذا تعطى القدرة الاسمية على لوحة القدرة للمولد كقدرة ظاهرية :

$$S = U \cdot I \cdot 1.73 \text{ VA}$$

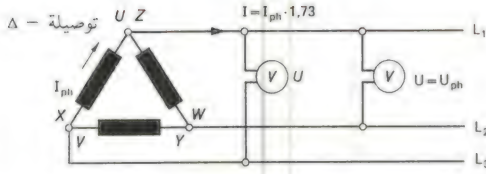


(أ) يتحدد تردد المولد المتزامن بسرعة دوران العضو الدوار وبعدد أزواج أقطابه :

$$f = \frac{p \cdot n}{60} \text{ Hz}$$

n = سرعة الدوران (r.p.m.)
 p = عدد أزواج الأقطاب

نسب التيار ونسب الجهد في توصيلات مولد التيار ثلاثي الأطوار



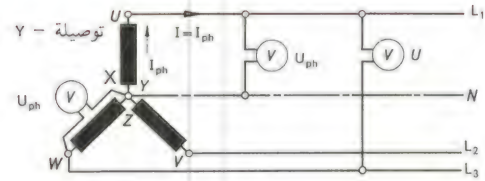
(أ) في التوصيل المثلثي Δ للمولد ، توصل لفائف الأطوار الثلاث مع بعضها البعض كحلقة .

(ب) يتساوى جهد الخط U بين موصلين خارجيين مع جهد الطور U_{ph} على كل طور بمفرده .

(ج) يبلغ تيار الخط I 1.73 مرة مثل تيار الطور I_{ph} .

$$U = U_{ph}$$

$$I = 1.73 \cdot I_{ph}$$



(أ) في التوصيل النجمي Y للمولد ، توصل النهايات الثلاث للفايف الأطوار Z, Y, X معا .

(ب) يبلغ جهد الخط U ، بين موصلين خارجيين ، 1.73 مرة مثل جهد الطور U_{ph} .

(ج) تيار الطور I_{ph} وتيار الخط I لهما نفس القيمة .

$$U = 1.73 \cdot U_{ph}$$

$$I = I_{ph}$$

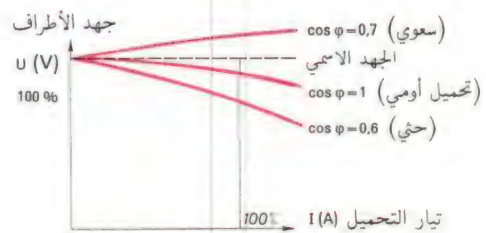
المنحنيات الخصائصية الخارجية لمولد التيار ثلاثي الأطوار

(أ) يتحدد الجهد والقدرة حسب نوع التحميل .

(ب) في التحميل الأومي والتحميل الحثي ينخفض الجهد U ويتم الاحتفاظ بالقيمة ثابتة ، عن طريق زيادة تيار الإثارة .

(ج) في التحميل السعوي يرتفع جهد الأطراف ويتم الاحتفاظ بالقيمة ثابتة عن طريق خفض تيار الإثارة .

غالبا ما يتم الاحتفاظ بقيمة ثابتة لكلا الحالتين بواسطة تحكم أوتوماتي في الجهد .



العلاقة بين U والحمل عند ثبات تيار الإثارة

تمرينات

٤٨ - ١ احسب سرعة الدوران التي يجب أن يدير بها توربين مائي مولد تيار ثلاثي الأطوار ذا 24 قطبا كي يصل التردد إلى 50 Hz

٤٨ - ٢ يولد توربين مائي قدرة مقدارها 370 kW ويعطي عند عمود الإدارة 310 kW. احسب : (أ) الكفاءة كنسبة مئوية (ب) الفقد في القدرة (W).

٤٨ - ٣ احسب قيم التوربين الناقصة بالجدول :

القدرة المتولدة	القدرة المأخوذة	فقد القدرة	الكفاءة
P_1	من التوربين	P_1	η
من التوربين	P_2 عند عمود الإدارة	في التوربين	
(أ)	530 kW	410 kW	? %
(ب)	580 kNm/s	? kW	145 kNm/s
(ج)	45 kW	? kW	? Nm/s
(د)	? kW	75 kW	? W

٤٨ - ٤ ما هي القدرة المتولدة (kW) من توربين مائي إذا تم تغذيته بمقدار 12 m³ من الماء من ارتفاع تصريف 20 m كل ثانية؟ كم kW يمكن إعطاؤها لمولد تيار ثلاثي الأطوار عند كفاءة قدرها 80%؟

$$P_1 = \frac{G \cdot h}{1000 \cdot t} = \frac{12 \cdot 9810 \cdot 20}{1000 \cdot 1} = 2354 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}; P_2 = P_1 \cdot \eta = 2354 \text{ kW} \cdot 0,8 = 1883 \text{ kW}$$

٤٨ - ٥ ما مقدار القدرة المتولدة من محطة توليد هيدروليكية والناتجة عن تدفق مياه 36 m³/s من ارتفاع تصريف متوسط قدره 380 m؟

٤٨ - ٦ كم kW ينتجها توربين الدفع للمرحلة الرئيسية في محطة توليد هيدروليكية عند $\eta = 0,85$ ؟
الارتفاع الهيدروليكي $h = 790 \text{ m}$ والتدفق المائي $G = 32 \text{ m}^3/\text{s}$. ما مقدار المفقودات في التوربين بوحدة (kW)؟

٤٨ - ٧ كم m³ من المياه تلزم في الساعة لتوربين مائي ليعطي قدرة مقدارها 480 kW عند $\eta = 0,8$ و $h = 6,5 \text{ m}$ ؟

٤٨ - ٨ يمكن لخزان ضخ ذي إرتفاع هيدروليكي قدره 30 m أن يعطي 25 m³ من المياه في الثانية ولمدة 8 h. ما هي القدرة الظاهرية (kVA) التي يعطيها مولد تيار ثلاثي الأطوار إذا فرض أن: $\cos \phi = 0,82$ و $\eta = 0,7$ لمجموعة التوربين وكفاءة المولد 0,9؟

٤٨ - ٩ ما هي القدرة المستفادة P_2 من مولد تيار ثلاثي الأطوار ذي قدرة إسمية $S = 250 \text{ kVA}$ إذا شغل بمعامل قدرة بالقيم التالية : (أ) 0,8 (ب) 0,7 (ج) 1 (د) 0,9 (هـ) 0,75
الحل للجزء (أ) :

$$\cos \phi = \frac{P_2}{S}; P_2 = S \cdot \cos \phi = 250 \text{ kVA} \cdot 0,8 = 200 \text{ kW}$$

٤٨ - ١٠ احسب القيم الناقصة في الجدول التالي :

القدرة المعطاة	القدرة المستفادة	القدرة الإسمية	معامل القدرة	الكفاءة
$P_1(\text{kW})$	$P_2(\text{kW})$	$S(\text{kVA})$	$\cos \phi$	η
من المولد	من المولد			
(أ)	?	?	0,8	92%
(ب)	?	140	0,8	0,91
(ج)	182	?	?	0,93
(د)	10	9	?	?
(هـ)	?	54	?	90%

$$\cos \phi = \frac{P_2}{S}; P_2 = S \cdot \cos \phi = 300 \text{ kVA} \cdot 0,8 = 240 \text{ kW} \quad \text{(أ)}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}; P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{240 \text{ kW}}{0,92} = 261 \text{ kW}$$

٤٨ - ١١ بينت أجهزة القياس على مدار اليوم القيم التالية لشبكة تيار ثلاثي الأطوار 500 V 50 Hz 3~ ومحملة بمحمل حيث :

$$(أ) \quad I = 60 \text{ A}, \cos \phi = 0,8$$

$$(ب) \quad I = 150 \text{ A}, \cos \phi = 0,75$$

$$(ج) \quad I = 25 \text{ A}, \cos \phi = 0,9$$

$$(د) \quad I = 15 \text{ A}, \cos \phi = 1$$

احسب القدرات المستفادة من المولد (kW)

الحل للجزء (أ) :

$$P_2 = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \phi = 500 \text{ V} \cdot 60 \text{ A} \cdot 1,73 \cdot 0,8 = 41,5 \text{ kW}$$

٤٨ - ١٢ قيس على مدار اليوم قيم التيار لموصل تيار ثلاثي الأطوار 220 V 50 Hz 3~ ومحمل بمحمل لاحتي فكانت كما يأتي :

(أ) 80 A (ب) 125 A (ج) 55 A (د) 75 A (هـ) 35 A

احسب القدرة الفعالة (kW) التي تعطيها الشبكة .

٤٨ - ١٣ يبين الواطمتر لمولد تيار ثلاثي الأطوار أثناء التشغيل 120 kW والفولطمتر 525 V والأمبيرمتر 165 A.

(أ) ما مقدار معامل القدرة الفعالة ؟ (ب) بأي قدرة مفاعلة Q يكون المولد محملا؟

٤٨ - ١٤ وحدة تيار ثلاثي الأطوار 500 V 50 Hz 3~ تتكون من موصلات نحاسية ذات مقطع 16 mm² . وطبقا لتعليمات 41 §

VDE 0100 جدول 2 (انظر ملحق ١-٢) يمكن تحميل هذا المقطع بتيار ثابت (متواصل) قدره 65 A ، بواسطة تيار التحميل الثابت (المتواصل) وبمعاملات القدرة :

(أ) 0,8 (ب) 1 (ج) 0,7 (د) 0,6 .

احسب بيانات المنشأة من الجدول ثم قارن النتائج :

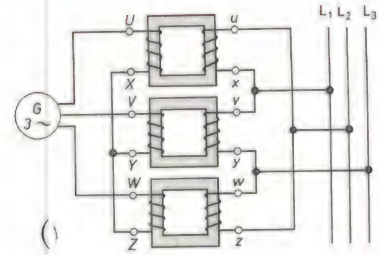
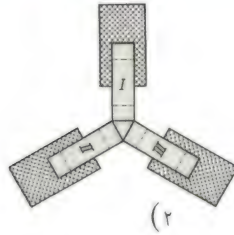
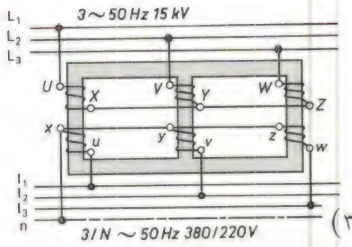
أ	ب	ج	د
?	?	?	?
القدرة الظاهرية	$S = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \text{ (kVA)}$		
القدرة الفعالة	$P_2 = S \cdot \cos \phi \text{ (kW)}$		
القدرة المفاعلة	$Q = S \cdot \sin \phi \text{ (kvar)}$		
التيار الفعال	$I_a = I \cdot \cos \phi \text{ (A)}$		
التيار المفاعل	$I_r = I \cdot \sin \phi \text{ (A)}$		

٤٨ - ١٥ يغذي مولد تيار ثلاثي الأطوار شبكة 380/220 V. ما مقدار تيار الطور في المولد عند توصيله نجحيا (Y) إذا بلغ تيار الموصل 130 A؟

٤٨ - ١٦ ما مقدار جهد الخط في الشبكة إذا وصل مولد تيار ثلاثي الأطوار ذو جهد طور 500 V :

(أ) توصيل Y (نجمي) (ب) توصيل Δ مثلثيا (دلتا) ؟

محوّل التيار ثلاثي الأطوار في منشآت توزيع الطاقة



تقوم محولات التيار ثلاثي الأطوار بنقل الطاقة الكهربائية من محطة التوليد إلى المستهلك، حيث يجب أن يتغير الجهد في محطة المحولات لشبكة التوزيع لأسباب اقتصادية على عدة مراحل:

- (أ) جهد المولد: من 6 kV إلى 10 kV
 (ب) النقل البعيد المدى } إلى مسافة طويلة: 380 kV
 إلى مسافة متوسطة: 220 kV
 إلى مسافة قصيرة: 20 kV
 (ج) جهد الأحمال 380/220 V (عند المستهلك).

(١) يتكون التيار ثلاثي الأطوار من ثلاثة تيارات مترددة موصلة الواحد تلو الآخر. ويمكن إجراء التحويل بواسطة ثلاثة محولات أحادية الطور متماثلة ومنفصلة.
 (٢) يمكن الاستغناء عن الفرع المشترك غير الحامل للفائف لأن مجموع المجالات المغنطيسية المترددة الثلاثة المتصلة الواحد تلو الآخر يساوي صفراً.

(٣) تكون الفروع الثلاثة I و II و III الحاملة للفائف محوّل التيار ثلاثي الأطوار وتوصل لفائفه نجماً أو مثلثاً أو توصيلاً متعرجاً تبعاً لنوع الاستخدام.

القيم الإسمية للمحوّل طبقاً لتعليمات VDE 0532 : الجهد الإسمي — التيار الإسمي — القدرة الإسمية

U_{N1} = الجهد الإسمي لجانب الدخول مثلاً:

$$U_{N1} = 15000 \text{ V}$$

U_{N2} = الجهد الإسمي لجانب الخروج مثلاً:

$$U_{N2} = 400 \text{ V}$$

$\frac{U_{N1}}{U_{N2}}$ = نسبة التحويل الإسمية، أي النسبة بين الجهدين الإسميين:

$$t_r = \frac{U_{N1}}{U_{N2}} = \frac{U_H}{U_L} = \frac{15000}{400}$$

I_{N1} = التيار الإسمي لجانب الدخول (A)

I_{N2} = التيار الإسمي لجانب الخروج (A)

S_N = القدرة الإسمية لجانب الخروج (VA) أو (kVA).

طراز	DO 160/20	رقم	39999/1	سنة الصنع	VDE 532/59 1960
الجهد الإسمي	160 kVA	نوع	160	التردد	50 Hz
الجهد الإسمي	1 20 800	التشغيل	DB	مجموعة التوصيل	Yz 5
الوقت	2 20 000	مستقلة	20/05	نوع العزل	C
التيار الإسمي	3 19 200	نوع العزل	231	تيار القصير	3.96 kA
جهد القصير	4.62 A	الفترة القصوى للقصير	1.8 s	نوع التبريد	DS
نوع بولبية	P 43	الوقت	0.24	الوقت	0.93
نوع التبريد	DS				
الوزن الكلي					

الكميات المعطاة على لوحة القدرة لمحوّل ما، هي القيم الإسمية:

قدرة التحميل المستفادة — قدرة التحميل المعطاة — الكفاءة:

الكفاءة:

ينشأ فقد في المحوّل حيث تنقص القدرة الثانوية الفعالة P_2 عن القدرة الابتدائية الفعالة P_1 بمقدار فقد الحديد L_{Fe} (= الفقد الناشئ عن التخلف المغنطيسي)، وفقد النحاس L_{Cu} (= الفقد في الفائف) ويظل فقد الحديد ثابتاً في حين يزداد فقد النحاس بزيادة التيار المسحوب ويكون بذلك معتمداً اعتماداً مباشراً على مقدار القدرة الظاهرية S_{N2} للحمل المتصل بالجانب الثانوي في مدى التحميل الإسمي. ويكون الفرق بين P_2 و P_1 وبين معاملي القدرة الفعالة $\cos \phi$ للجانب الابتدائي والجانب الثانوي صغيراً لدرجة أن تقع الكفاءة عند التحميل الإسمي بين 0.95 و 0.99.

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + L_{Fe} + L_{Cu}} = \frac{P_2}{P_1} \quad \text{كفاءة القدرة:}$$

يقاس فقد الحديد في المحولات بواسطة اختبار الدائرة المفتوحة، أما فقد النحاس فيقاس بواسطة اختبار قصر الدائرة.

يكون التحميل لمحوّل التيار ثلاثي الأطوار إما أومياً أو حثياً أو سعوياً ويمكن أن يتغير باستمرار أثناء التشغيل وبذلك لا يكون معلوماً مسبقاً، لذلك فإن القدرة الظاهرية على الجانب الثانوي S_{N2} تعطى كقدرة إسمية.

$$S_{N2} = U_{N2} \cdot I_{N2} \cdot 1.73$$

قدرة التحميل المستفادة من المحوّل: VA

$$S_{N1} = U_{N1} \cdot I_{N1} \cdot 1.73$$

قدرة التحميل المعطاة للمحوّل: VA

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot 1.73 \cdot \cos \phi_2$$

القدرة الفعالة المستفادة من المحوّل: W

تمرينات

٤٩- ١ محول تيار ثلاثي الأطوار تبلغ قدرته الإسمية 100 kVA والجهد الإسمي لجانب الدخول 10 kV والجهد الإسمي لجانب الخروج 0,4 kV. احسب التيارات الإسميين على الجانبين ذوي الجهد العالي والجهد المنخفض.

الحل :

$$S_N = U_{N1} \cdot I_{N1} \cdot 1,73; I_{N1} = \frac{S_N}{U_{N1} \cdot 1,73} = \frac{100 \text{ kVA}}{10 \text{ kV} \cdot 1,73} = 5,77 \text{ A}$$

$$S_N = U_{N2} \cdot I_{N2} \cdot 1,73; I_{N2} = \frac{S_N}{U_{N2} \cdot 1,73} = \frac{100 \text{ kVA}}{0,4 \text{ kV} \cdot 1,73} = 144 \text{ A}$$

٤٩- ٢ احسب بواسطة القيم الإسمية شدتي التيارين I_{N1} و I_{N2} لحولات التيار ثلاثي الأطوار طبقا للجدول

أ	ب	ج	د	هـ	و
S_N (kVA)	50	75	100	125	160
U_{N1} (kV)	6	10	15	20	6
U_{N2} (kV)	0,231	0,4	0,525	0,4	0,525

٤٩- ٣ تحتوي لوحة القدرة لمحول تيار ثلاثي الأطوار على المعطيات : $U_{N1} = 20 \text{ kV}$, $U_{N2} = 0,4 \text{ kV}$, 160 kVA . احسب التيارات في كل من جانب الدخول وجانب الخروج عند : (أ) الحمل الكامل (ب) $3/4$ حمل (ج) نصف حمل (د) حمل زائد بمقدار 15%.

٤٩- ٤ محول تيار ثلاثي الأطوار قدرته الإسمية 125 kVA يعطي 0,4 kV على الجانب ذي الجهد المنخفض. ولقيمة الجانب ذي الجهد العالي مقسمة ويمكن توصيلها على : (أ) 20,8 kV (ب) 20 kV (ج) 19,2 kV. احسب : (أ) التيارين الابتدائي والثانوي عند التشغيل الإسمي (ب) نسب التحويل الثلاث.

٤٩- ٥ أعطيت القدرة الإسمية لمحول تيار ثلاثي الأطوار (Dy 5) (مثلثي نجمي) بالقيمة 100 kVA وبلغ الجهد الإسمي العالي 15 kV. ويمكن بواسطة التفرع من لفيفة الجانب ذي الجهد المنخفض أخذ الجهود التالية : 0,4 kV, 0,42 kV, 0,38 kV. ما هي التيارات التي تظهر عند التشغيل الإسمي في لفيقتي الجهد العالي والجهد المنخفض عند الجهود المتصلة؟ ما مقدار نسبة التحويل للمحول في كل حالة؟

٤٩- ٦ بيانات لوحة القدرة لمحول تيار ثلاثي الأطوار هي : القدرة الإسمية = 160 kVA والجهد العالي = 10 kV والجهد المنخفض = 0,525 kV ومجموعة التوصيل Yd 5 (نجمي مثلثي) احسب التيارات الابتدائية والثانوية للخطوط وللأطوار، على فرض أن $S_{N1} = S_{N2}$.

٤٩- ٧ إذا وجد بالمحول في المسألة السابقة على جانب الدخول (لفة) $N_1 = 800$ لكل طور (فرع). احسب : (أ) عدد اللفات N_2 لكل طور (فرع) على جانب الخروج (ب) نسبة التحويل (ج) نسبة عدد اللفات.

٤٩- ٨ ما هي القدرة الفعالة القصوى P_2 التي يمكن أخذها من محول تيار ثلاثي الأطوار ذي 30 kVA, 60/0,4 kV في حالات التحميل الثلاثة التالية :

(أ) أجهزة التوهج والصهر $\cos \varphi_2 = 1$ (ب) محركات التيار ثلاثي الأطوار $\cos \varphi_2 = 0,82$ (ج) المصابيح الفلورية $\cos \varphi_2 = 0,55$.

٤٩- ٩ إذا كانت كفاءة المحول في المسألة السابقة عند تحميله أوميا تبلغ 96% . احسب : (أ) القدرة الفعالة المسحوبة بواسطته (ب) شدة التيار في كل من الجانبين ذي الجهد العالي وذو الجهد المنخفض عند التشغيل الإسمي .

٤٩- ١٠ يعطي محول تيار ثلاثي الأطوار ذو 50 kVA عند التشغيل الإسمي تيارا قدره 76 A احسب :

(أ) الجهد الثانوي U_{N2}

(ب) الجهد الابتدائي U_{N1} إذا كانت نسبة التحويل (1:26,3).

٤٩- ١١ يأخذ محول تيار ثلاثي الأطوار عند توصيله على 6 kV تيارا قدره 8 A. احسب القدرة الفعالة على جانب الخروج إذا بلغت الكفاءة 0,82 ومعامل القدرة $\cos \varphi = 0,6$ عند هذا التحميل.

٤٩- ١٢ ما هي القدرة الفعالة التي يعطيها محول تيار ثلاثي الأطوار قدرته الإسمية $S_{N2} = 125 \text{ kVA}$ وكان عند $\cos \varphi = 0,75$ محملا تحميلا كاملا؟ ما مقدار فقد المحول إذا بلغت الكفاءة 96%؟

٤٩- ١٣ حمل محول تيار ثلاثي الأطوار 6 kV/0,4 kV من غط 5 Y2 (نجمي متفرج) عند $\cos \varphi = 0,82$ بقدرة 12 kW وبلغت الكفاءة 0,97. احسب : (أ) القدرة الفعالة المستهلكة بواسطة المحول (ب) القدرة الظاهرية المعطاة للمحول (ج) شدة التيار I_1 في لفيفة الجهد العالي.

٤٩- ١٤ يولد مولد تيار ثلاثي الأطوار جهدا قدره 5 kV ويلزم رفعه إلى 380 kV لنقله لمسافة بعيدة. وتبلغ القدرة الظاهرية المأخوذة بواسطة المحول 120 kVA عند $\cos \varphi_1 = 0,9$ وكفاءة 0,96. احسب : (أ) التيار الابتدائي I_1 . (ب) القدرة الفعالة المستهلكة بواسطة المحول P_1 (ج) نسبة التحويل t_r (د) التيار الثانوي I_2 والقدرة الظاهرية المستفادة S_2 من المحول والقدرة الفعالة المستفادة منه P_2 عند معامل قدرة متوسط $\cos \varphi_2 = 0,82$.

٤٩- ١٥ إذا كان محول تيار ثلاثي الأطوار قدرة إسمية 20 kVA وفقد في الحديد قدره 230 W وفقد في الفائف قدره 500 W. احسب الكفاءة (η) عند التحميل التام وعند معامل قدرة : (أ) $\cos \varphi = 0,9$ (ب) $\cos \varphi = 0,82$ (ج) $\cos \varphi = 0,7$ (د) $\cos \varphi = 0,68$ (هـ) $\cos \varphi = 0,5$

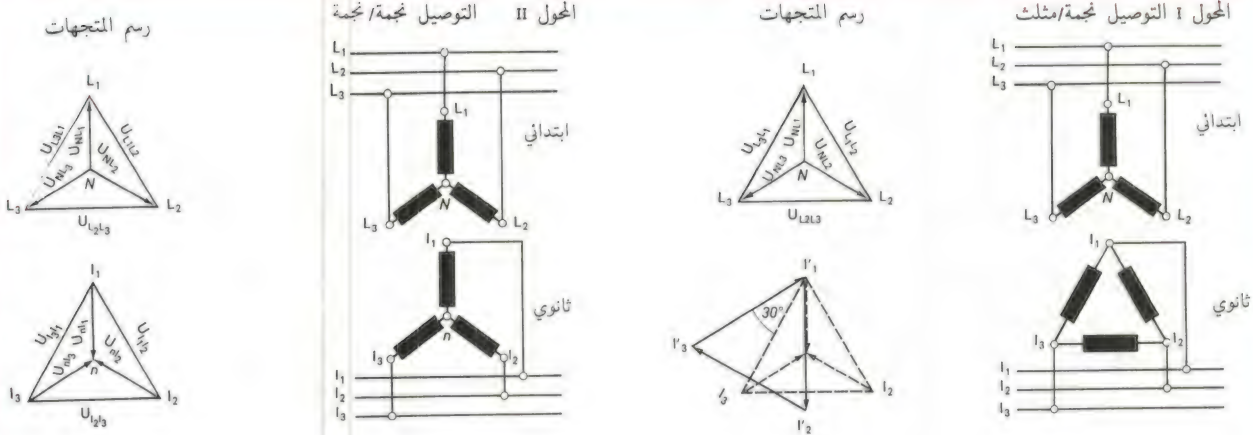
الحل الجزء (أ) : $P_2 = S_{N2} \cdot \cos \varphi = 20 \text{ kVA} \cdot 0,9 = 18 \text{ kW}$
 $\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + L_{Fe} + L_{Cu}} = \frac{18 \text{ 000}}{18 \text{ 000} + 230 + 500} = 0,96$

٤٩- ١٦ يبلغ معامل القدرة لمحول تيار ثلاثي الأطوار ذي قدرة إسمية 100 kVA عند الحمل الكامل 0,86. ما مقدار الكفاءة (η) عند قدرة فعالة معطاة له قدرها 90 kW؟

٤٩- ١٧ يبلغ فقد القدرة في الحديد 825 W في محول تيار ثلاثي الأطوار 160 kVA. وأعطى فقد القدرة في الفائف بالقيمة 2,2% عند معامل قدرة $\cos \varphi = 1$. فإذا كانت نسب التحميل على مدار اليوم كالتالي :

(أ) 20% (ب) 45% (ج) 50% (د) 68% (هـ) 80% (و) 92% (ز) 100% من الحمل، احسب لكل حالة تحميل :
 (أ) فقد المحول ($L_{Fe} + L_{Cu}$) (ب) الكفاءة .

شروط التوصيل على التوازي



التشغيل على التوازي يمكناً طبقاً لمخطط المتجهات إذا انطبق المثلث $I'_1 - I'_2 - I'_3$ مع المثلث ذي الخطوط المتقطعة.

إذا كان جهد الطور الثانوي للمحول I مزاحاً بالنسبة للمحول II بمقدار 30° يكون التشغيل على التوازي غير ممكن بسبب خطر حدوث دائرة قصر. ويصبح

جهد دائرة القصر - تيار دائرة القصر

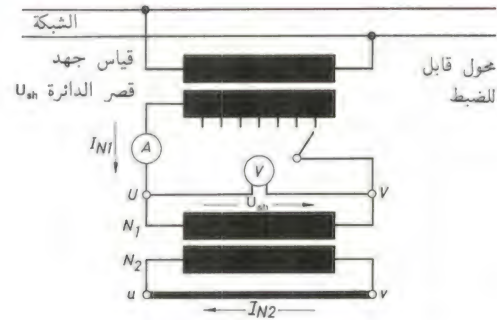
u_{sh} = عامل قياس جهد دائرة القصر (انظر معطيات لوحة القدرة) ويعطى كنسبة مئوية (%) وينسب عادة إلى القيمة الاسمية U_N :

$$u_{sh} = 100\% \cdot \frac{U_{sh}}{U_N} \quad \%$$

مثلاً: $u_{sh} = 3.7\%$ من $100\,000\text{ V}$; $u_{sh} = 370\text{ V}$

I_{sh-s} = تيار دائرة القصر الدائم (المستمر): يأخذ قيمته بعد تساؤل نبضة تيار دائرة القصر، ويأخذ قima عالية ذات خطورة عندما تكون u_{sh} صغيرة.

$$I_{sh-s} = I_N \cdot \frac{100\%}{u_{sh}} \quad A$$



u_{sh} = جهد دائرة القصر: هو الجهد بوحدة (V) عند التردد الاسمي والتيار الاسمي في جانب الدخول عند حدوث قصر في ناحية الخروج.

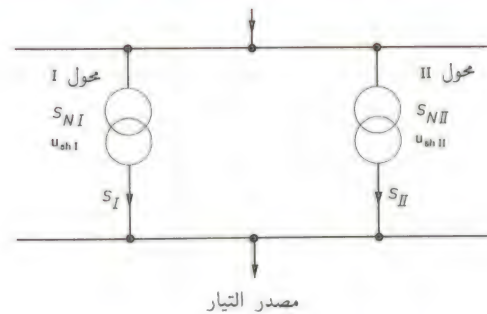
توزيع التحميل في التشغيل على التوازي

ويحسب توزيع التحميل من القدرات الاسمية S_I و S_{II} . ويتطلب ذلك معرفة عامل القياس u_{sh-res} (جهد دائرة القصر الناتج). ويستنبط u_{sh-res} من الصيغة الرياضية III بتعويض الحمل الكامل S .

$$S_I = S_{N1} \cdot \frac{u_{sh-res}}{u_{shI}} \quad I$$

$$S_{II} = S_{NII} \cdot \frac{u_{sh-res}}{u_{shII}} \quad II$$

$$\frac{S}{u_{sh-res}} = \frac{S_{N1}}{u_{shI}} + \frac{S_{NII}}{u_{shII}} \quad III$$



يتناسب توزيع التحميل S_I و S_{II} عكسياً مع عاملي قياس جهود دائرة القصر u_{shI} و u_{shII} .

تمرينات

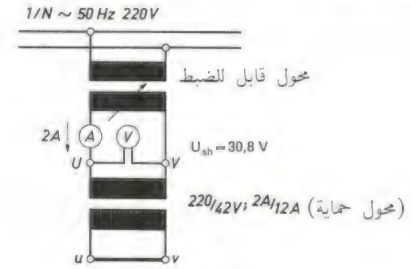
٥-١ محول بياناته هي $I_2=100\text{ A}$ و $6\text{ kV}/0,4\text{ kV}$ وعند قصر دائرة لفيفة الجهد المنخفض وصل التيار الابتدائي إلى القيمة الاسمية عندما بلغت قيمة الجهد على الجانب الابتدائي $U_{sh}=300\text{ V}$. احسب النسبة المئوية لجهد دائرة القصر u_{sh} .

الحل :

$$u_{sh} = 100\% \cdot \frac{U_{sh}}{U_{N1}} = 100\% \cdot \frac{300\text{ V}}{6000\text{ V}} = 5\%$$

عند التشغيل الاسمي يفقد في المحول $300\text{ V} \approx 5\%$ من الجهد الاسمي العالي 6000 V ويبلغ الهبوط الداخلي في الجهد 5% من الجهد الابتدائي الاسمي.

٥-٢ احسب من بيانات دائرة القياس جهد دائرة القصر u_{sh} (كنسبة مئوية).



٥-٣ احسب قيم u_{sh} من القيم المقاسة في ثلاثة اختبارات دائرة قصر.

التجربة	U_{sh}	الجهد الاسمي	محول
١	228 V	5 kV/0,4 kV	1 ~
٢	9,8 V	220 V/12 V	1 ~
٣	270 V	10 kV/235 V	1 ~

٥-٤ تحمل لوحة القدرة لمحول تيار ثلاثي الأطوار المعطيات : 50 kVA , $10000\text{ V}/400\text{ V}$, $u_{sh}=3,7\%$.

احسب : (أ) شديتي التيارين الاسميين I_{N1} و I_{N2} .
(ب) شديتي تيار دائرة القصر I_{sh-s1} و I_{sh-s2} اللتين تنضبطان بعد تضاول نبضة تيار دائرة القصر على الجانبين الابتدائي والثانوي للمحول.

الحل :

$$I_{N1} = \frac{S_N}{U_{N1} \cdot 1,73} = \frac{50\,000\text{ VA}}{10\,000\text{ V} \cdot 1,73} = 2,89\text{ A}$$

$$I_{N2} = \frac{S_N}{U_{N2} \cdot 1,73} = \frac{50\,000\text{ VA}}{400\text{ V} \cdot 1,73} = 72,25\text{ A}$$

$$I_{sh-s1} = I_{N1} \cdot \frac{100\%}{u_{sh}} = 2,89\text{ A} \cdot \frac{100\%}{3,7\%} = 78\text{ A}$$

$$I_{sh-s2} = I_{N2} \cdot \frac{100\%}{u_{sh}} = 72,25\text{ A} \cdot \frac{100\%}{3,7\%} = 1952\text{ A}$$

٥-٥ احسب لمحول تيار ثلاثي الأطوار بالقيم الاسمية الآتية : $S=1600\text{ kVA}$; $30\text{ kV}/0,4\text{ kV}$; $u_{sh}=6\%$;

(أ) شديتي التيارين الاسميين I_{N1} و I_{N2}

(ب) شديتي تيار دائرة القصر I_{sh-s1} و I_{sh-s2} .

٥-٦ محول تيار ثلاثي الأطوار له القيم الاسمية الآتية : 160 kVA ; $20,8\text{ kV}/0,4\text{ kV}$; $u_{sh}=3,96\%$ له دائرة قصر :

احسب :

(أ) تيار دائرة القصر الدائم I_{sh-s2}

(ب) نبضة تيار دائرة القصر I_{pulse} ($I_{pulse}=2,54 \cdot I_{sh-s2}$)

٥-٧ احسب :

(أ) تيار دائرة القصر الدائم I_{sh-s1}

(ب) نبضة تيار دائرة القصر I_{pulse} إذا نشأ على جانب الجهد العالي لمحول تيار ثلاثي الأطوار $15\text{ kV}/0,525\text{ kV}$; 500 kVA عند دائرة القصر $u_{sh}=6\%$.

٥-٨ نشأت دائرة قصر على الجانب الثانوي لمحول جرس للقيم الاسمية التالية : $220\text{ V}/8\text{ V}$; 20 VA ; $u_{sh}=40\%$;

احسب : (أ) تيار دائرة القصر الدائم I_{sh-s2} (ب) نبضة تيار دائرة القصر I_{pulse} .

٥-٩ يحتوي الجدول التالي على القيم الاسمية للمحولات الآتية : (أ) محول حماية (ب) محول جرس (ج) محول إشعال. احسب القيم الناقصة في هذا الجدول.

محول اشعال	محول جرس	محول حماية
$S=84\text{ VA}$	$S=7,5\text{ VA}$	$S=1000\text{ VA}$
الجهد الاسمي $220\text{ V}/140\text{ V} =$	الجهد الاسمي $220\text{ V}/5\text{ V} =$	الجهد الاسمي $380\text{ V}/24\text{ V} =$
$u_{sh}=100\%$	$u_{sh}=40\%$	$u_{sh}=15\%$
$I_{sh-s1}=?$	—	$I_{sh-s1}=?$
$I_{sh-s2}=?$	$I_{sh-s2}=?$	$I_{sh-s2}=?$
التيار I_{pulse} في الجانب الثانوي	التيار I_{pulse} في الجانب الثانوي	التيار I_{pulse} في الجانب الابتدائي

٥-١٠ إذا أريد أن يعمل محولان I، II معا على التوازي ومعطيتهما على التوالي هي :

$S_{NI}=50\text{ kVA}$ و $u_{shI}=4\%$

$S_{NII}=125\text{ kVA}$ و $u_{shII}=3\%$

احسب توزيع التحميل S_I و S_{II} لحمل كلي قدره $S=175\text{ kVA}$.

$$\frac{S}{u_{sh-res}} = \frac{S_{NI}}{u_{shI}} + \frac{S_{NII}}{u_{shII}} = \frac{50\text{ kVA}}{4\%} + \frac{125\text{ kVA}}{3\%} = 5417\text{ kVA} \quad \text{الحل :}$$

$$u_{sh-res} = \frac{S}{5417} = \frac{175\text{ kVA}}{5417\text{ kVA}} = 3,23\%$$

$$S_I = S_{NI} \cdot \frac{u_{sh-res}}{u_{shI}} = 50\text{ kVA} \cdot \frac{3,23\%}{4\%} = 40,5\text{ kVA}$$

$$S_{II} = S_{NII} \cdot \frac{u_{sh-res}}{u_{shII}} = 125\text{ kVA} \cdot \frac{3,23\%}{3\%} = 134,5\text{ kVA}$$

$$S = S_I + S_{II} = 40,5\text{ kVA} + 134,5\text{ kVA} = 175\text{ kVA}$$

٥-١١ يعمل محولان الأول $S_{NI}=20\text{ kVA}$ و $u_{shI}=3\%$ والثاني $S_{NII}=60\text{ kVA}$ و $u_{shII}=3\%$ على شبكة مشتركة. احسب توزيع التحميل لكل محول إذا بلغ الحمل الكلي $S=75\text{ kVA}$.

٥-١٢ محولان I و II بياناتهما هي : $S_{NI}=100\text{ kVA}$; $20\text{ kV}/0,4\text{ kV}$; $u_{shI}=2\%$ و $S_{NII}=160\text{ kVA}$; $20\text{ kV}/0,4\text{ kV}$; $u_{shII}=2,5\%$. احسب للتشغيل على التوازي على قضبان التوصيل بالحمل الكامل كلا من :

(أ) جهد دائرة القصر الناتج (ب) توزيع الحمل على كل محول (ج) تيارات الخروج لمحول التيار ثلاثي الأطوار.

٥-١٣ ثلاثة محولات بياناتها هي :

$S_{NI}=100\text{ kVA}$, $u_{shI}=2\%$; $S_{NII}=150\text{ kVA}$, $u_{shII}=2,5\%$;

$S_{NIII}=200\text{ kVA}$, $u_{shIII}=3,5\%$

تعمل على التوازي. احسب التحميل الكلي المسموح به إذا لزم ألا يحمل أي محول تحميلاً زائدا بسبب جهود دائرة القصر المتباينة.

سرعة الدوران - التفويت - تردد العضو الدوار

مثال :

50 Hz

أزواج أقطاب 2

1425 r.p.m.

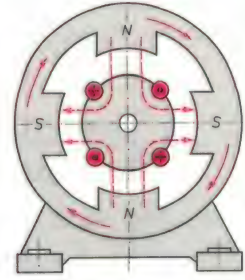
$$n_F = \frac{f \cdot 60}{p} = \frac{50 \cdot 60}{2}$$

$$n_F = 1500 \text{ r.p.m.}$$

$$s = n_F - n = 1500 - 1425$$

$$s = 75 \text{ r.p.m.}$$

$$\frac{s}{n_F} = \frac{5\%}{100\%} = \frac{2,5 \text{ Hz}}{50 \text{ Hz}}$$



أ) يدور المجال المغنطيسي للعضو الساكن في كل دورة من دورات التيار المتردد بمقدار زوج أقطاب واحد NS (شمالي - جنوبي). وتكون سرعة دوران المجال $(n_F) =$ سرعة الدوران التزامنية :

$$n_F = \frac{f \cdot 60}{p} \text{ r.p.m.}$$

ب) يستمر دوران العضو الدوار المقصر الدائرة بواسطة المجال ثلاثي الأطوار فقط ما دام دورانه أبطأ لأنه لا تستحث أية ق.د.ك عند تساوي سرعة الدوران .
سرعة دوران العضو الدوار :

$$n = n_F - s \text{ r.p.m.}$$

ج) يسمى الفرق في سرعة الدوران $s = n_F - n$ «التفويت» وهو يتحكم في تردد العضو الدوار f_2 ويعطى بالوحدة (r.p.m.) أو كنسبة مئوية من n_F :

$$\frac{s}{n_F} = \frac{s\%}{100\%} = \frac{f_2}{f}$$

د) تنخفض سرعة الدوران بزيادة تحميل المحرك بينما يرتفع التفويت s . ويتغير عزم الدوران M وبالتالي قوة الشد للمحرك مع سرعة الدوران n .

منحنى عزم الدوران — عزم بدء الدوران — تيار بدء الدوران — مقاومة العضو الدوار

الوضع غير الملائم للأقطاب وتناثر سرعة الدوران ويبقى المحرك ساكنا :

$s \rightarrow f_2 \rightarrow X_{L2} \rightarrow \varphi_2$
20% و 30%

$$M_B = 1,6 \dots 2,5 \cdot M_N$$

ج) يرتفع تيار العضو الساكن مع زيادة نسبة التفويت إلى تيار بدء الدوران :

$$I_{st} = 6 \dots 8 \cdot I_N$$

د) يتسبب خفض جهد بدء التشغيل (---) أو زيادة مقاومة العضو الدوار R_R (....) في خفض تيار بدء الإدارة. فإذا انخفضت U تنخفض I في تناسب طردي و P و M في تناسب تربيعي $(\frac{U}{2} \rightarrow \frac{M}{4})$: أي أن منحنى M يهبط .

هـ) بزيادة R_R (عضو دوار يعمل بظاهرة التركيز السطحي للتيار أو عضو دوار ذو حلقة انزلاقية) ينخفض تيار بدء الدوران دون فقد في العزم M وتزيد نسبة التفويت s في تناسب طردي : $(R_R \cdot 2 \rightarrow s \cdot 2)$ وينحرف منحنى M نحو اليسار (انظر المنحنى الخصائصي لعزم الدوران) .
و) يجب أن تؤخذ تيارات بدء الدوران قصيرة المدة في الاعتبار بالنسبة للمصاهر ومساحة مقطع الموصل .

١ - عضو دوار ذو قضيب مستدير (قفص السنجاب) :

$$I_{st} \approx 6 \dots 8 \cdot I_N$$

٢ - عضو دوار يعمل بظاهرة التركيز السطحي للتيار :

$$I_{st} \approx 3 \dots 6,5 \cdot I_N$$

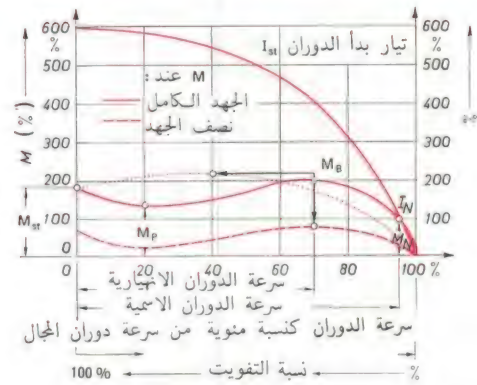
٣ - عضو دوار ذو حلقة انزلاقية :

$$I_{st} \approx 1,5 \dots 2,5 \cdot I_N$$

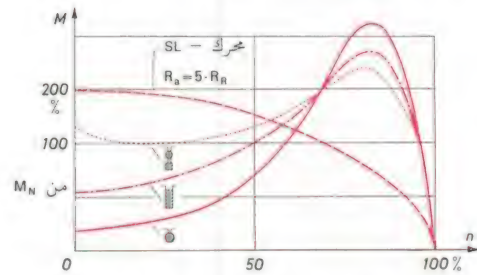
٤ - بدء دوران نجمي - مثلثي :

$$t = 4 + 2 \cdot \sqrt{P_{kW}}$$

ز) زمن بدء الدوران :



منحنى M مع تغير مقاومة العضو الدوار R_R .



أ) عزم بدء الدوران (M_{st}) : يتحرك المحرك من حالة السكون بواسطة جذب مجموعة الحركة .

عزم الدوران البادئ للحركة $M_p =$ أصغر عزم دوران عند إطلاق (تعجيل) المحرك

$$M_{st} = 1 \dots 2 \cdot M_N$$

$$M_{st} \sim U^2$$

ب) عزم الدوران الانهياري M_B هو أكبر عزم دوران للمحرك، وعند زيادة التحميل تنخفض n وترتفع s وتزداد ق.د.ك و I_2 في العضو الدوار . عند عزم الدوران الانهياري يظهر فقد في العزم M وذلك بسبب

تقريبات

١-٥١ ما مقدار سرعة دوران المجال الدوار في محرك غير متزامن لتيار ثلاثي الأطوار عند الترددات :
(أ) $16\frac{2}{3}$ Hz (ب) 50 Hz (ج) 60 Hz لأعداد أزواج الأقطاب التالية : 2, 5, 8, 10 ؟

٢-٥١ إذا كان لمحركات التيار الثلاثي الأطوار العادية عند $f=50$ Hz تسلسل سرعات الدوران التالية :
3000; 1500; 1000; 750; 600; 500 r.p.m.
ما مقدار سرعة دوران عمود الإدارة عند الحمل الكامل إذا بلغت نسبة التفويت 6% ؟

٣-٥١ ما مقدار سرعة دوران عمود إدارة محرك غير متزامن لتيار ثلاثي الأطوار ذي أربعة أقطاب وذو نسبة تفويت 4,2% عند التوصيل على الترددات التالية :

(أ) $16\frac{2}{3}$ Hz (ب) 50 Hz (ج) 60 Hz (د) 100 Hz .

٤-٥١ محرك تيار ثلاثي الأطوار غير متزامن ذو 8 أقطاب . احسب سرعة دوران المجال عند التوصيل على الترددات التالية : (أ) $f=50$ Hz (ب) $f=250$ Hz .

٥-٥١ تصنع محركات خاصة للتيار ثلاثي الأطوار لتردد $f=60$ Hz للاستخدام في الولايات المتحدة الأمريكية . (أ) ما هي سرعات دوران المجال الدوار الناتج من الأنواع ذات 10, 8, 6, 4, 2 أقطاب ؟

(ب) ما مقدار نسبة التفويت (%) لمحرك سرعة دوران عمود إدارته 850 r.p.m. ؟

٦-٥١ يحتوي محرك تيار ثلاثي الأطوار يمكن تغيير أقطابه على لفيفتين منفصلتين عن بعضهما البعض يمكن توصيلهما للتشغيل بأربعة أو ستة أقطاب . ما هما سرعتا الدوران للمحرك عند $f=50$ Hz عند التشغيل الإسمي بتفويت قدره 8% وعند الإحمال بتفويت قدره 0,8% ؟

٧-٥١ احسب القيم الناقصة بالجدول :

التردد f (Hz)	عدد أزواج الأقطاب p	نسبة التفويت s (%) أو (r.p.m.)	سرعة دوران عمود الإدارة n (r.p.m.)	سرعة المجال الدوار n_f (r.p.m.)
(أ) 50	3	5%	?	?
(ب) ?	2	4%	1728	?
(ج) $16\frac{2}{3}$?	30 r.p.m.	220	?
(د) ?	1	90 r.p.m.	?	1500
(هـ) 50	8	?	364	?
(و) $16\frac{2}{3}$?	?	238	250

٨-٥١ معطيات لوحة القدرة لمحرك تيار ثلاثي الأطوار هي :
20 kW, 500 V والكفاءة 89% ، ومعامل القدرة 0,87 . احسب مقدار تيار بدء الدوران لأنواع الأعضاء الدوارة التالية :

(أ) عضو دوار ذي قضيب مستدير (قفص سنجابي) : $I_{st}=8 \cdot I_N$
(ب) عضو دوار يعمل بظاهرة التركيز السطحي للتيار : $I_{st}=4,5 \cdot I_N$
(ج) عضو دوار ذي حلقة إنزلاقية : $I_{st}=1,5 \cdot I_N$

٩-٥١ ما هو زمن بدء الدوران مقدرا بالثواني بالحمل الكامل لمحركات تيار ثلاثي الأطوار قدراتها الإسمية :

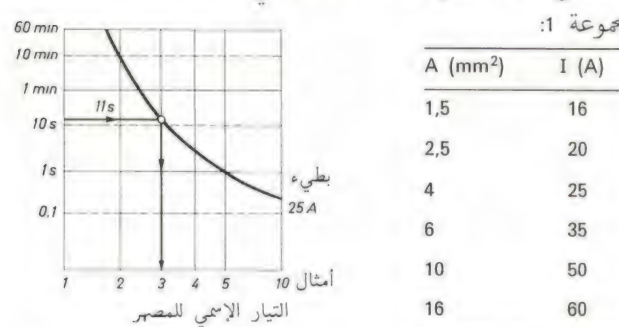
(أ) 1,5 kW (ب) 2,2 kW (ج) 3 kW (د) 4 kW
(هـ) 5,5 kW (و) 7,5 kW (ز) 14 kW (ح) 18 kW

١٠-٥١ أوجد باستخدام معطيات الجدول :

١- القدرة المعطاة للمحرك P_1 ، ٢- التيار الإسمي I ، ٣- تيار بدء الدوران I_{st} ، ٤- قدرة تحميل المصهر (A) ، ٥- مساحة مقطع الموصل (mm^2) المصنوع من النحاس مجموعة 1 .

أ	ب	ج	د
1,5 kW	3 kW	5,5 kW	28 kW
220 V	380 V	380 V	500 V
82%	84%	83%	88%
0,83	0,86	0,83	0,86
مباشر	مباشر	Y/Δ	محرك SL
(7)	(6,5)	(2,5)	(1,5)
أمثال	أمثال	أمثال	أمثال

١١-٥١ إذا كانت بيانات المصهر ومساحة مقطع موصل النحاس طبقا لتعليمات VDE 0100 هي :



باستخدام منحنى العلاقة المبين لقدرة احتمال المصاهر البطيئة، عين بيانات المصهر اللازم لمحرك تيار ثلاثي الأطوار ذي تيار بدء دوران $I_{st}=63$ A ، إذا كان زمن بدء الدوران هو $t=11$ s .

الحل :

بعد 11 s يقطع منحنى العلاقة 3 أمثال تيار المصهر $21 A = \frac{63 A}{3}$

يختار : مصهر 25 A .

مساحة المقطع A من النحاس مجموعة 1 $4 mm^2$.

١٢-٥١ في محرك تيار ثلاثي الأطوار قدرته 15 kW وجهده $U=380$ V وسرعة دورانه $n=2880$ r.p.m. يستنتج من المنحنى الخصائص لعزم الدوران ، أن عزم الدوران M_{st} يساوي ضعف عزم الدوران الإسمي M_N . ما مقدار النسبة M_{st}/M_N عند بدء الدوران نجميعا ثم مثلثيا (Y/Δ) ؟

الحل :

في التوصيل Y يصبح جهد الطور (U_{ph}) أصغر بمقدار $\frac{1}{1,73}$ مرة . ونظرا لأن $M_{st} \sim U^2$ فإن M_{st} تصبح أصغر بمقدار $(\frac{1}{1,73})^2$ مرة

أي بمقدار : $\frac{1}{1,73} \cdot \frac{1}{1,73} = \frac{1}{3}$

$$\frac{M_{st}}{M_N} = \frac{1/3 \cdot 2}{1} = \frac{2/3}{1} = \frac{2}{3}$$

١٣-٥١ يعطي محرك تيار ثلاثي الأطوار عند سرعة دورانه الإسمية $n=1440$ r.p.m. ، قدرة إسمية مقدارها 4 kW . احسب :

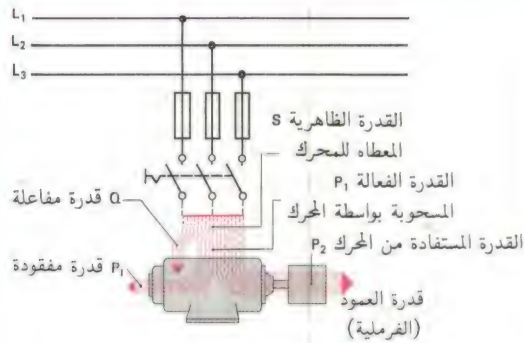
(أ) عزم الدوران الإسمي M_N

(ب) عزم بدء الدوران ($M_{st} \approx 1,6 \cdot M_N$) .

١٤-٥١ ما هي القوة F التي يؤثر بها محرك على محيط بكرة قطرها 200 mm عند بدء الدوران المباشر :

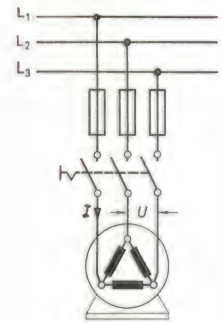
(أ) لحظة بدء الدوران (ب) عند الحمل الكامل ؟

القدرة المطلوبة - قيم التشغيل - القيم الإسمية



لوحة بيانات القدرة لمحرك ثلاثي الأطوار
وعضو دوار بحلقات انزلاقية

المصنع	Typ A 2.2 n / 4 R
محرك	No. 6011395
Δ Y 220/380 V	8/4,6 A
1,8 kW DB	cos φ 0,77
1370 r.p.m.	50 Hz
Y 78 V	العضو الدوار 15 A
العزل	P 11



التوصيل على U و φ عند التحميل الإسمي أما بالنسبة لقيم التوصيل Δ Y فتكون قيم الطور في الحدود المسموح بها إذا كانت قيم بيانات المحرك صغيرة.

(د) تكون أفضل قيم للكفاية ولمعامل القدرة الفعالة للمحرك عند التحميل الإسمي:

$P_1 = P_2$	$\eta = \frac{P_2}{P_1}$
$P_1 = U \cdot I \cdot 1,73 \cdot \cos \varphi$	$S = U \cdot I \cdot 1,73$
$P_2 = U \cdot I \cdot 1,73 \cdot \cos \varphi \cdot \eta$	$Q = U \cdot I \cdot 1,73 \cdot \sin \varphi$

(أ) تحسب القدرة المذكورة على لوحة بيانات القدرة عند عود الإدارة بالمحرك بالصيغ الآتية:

$$P_2 = \frac{M \cdot n}{9550} \text{ kW} \quad P_2 = \frac{U \cdot I \cdot 1,73 \cdot \cos \varphi \cdot \eta}{1000}$$

(ب) عند تغير تحميل المحرك تتغير قيم التشغيل: n (أنظر مقياس سرعة الدوران) و $P_2 \left(\frac{M \cdot n}{9550} \right)$ (من المنحنى الخصائصي) و $P_1 \left(\frac{n \cdot 60}{C} \right)$ (من العداد) و I (من الأميتر) و $\cos \varphi \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$ و $\eta \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$ و $S (U \cdot I \cdot 1,73)$

(ج) يتم حساب قيم الحركات للتشغيل الإسمي (أنظر لوحة بيانات القدرة) وتتوقف قيم كل من P و n و I و $\cos \varphi$ و η عند

فترة الوصل النسبية - منحنى التشغيل - تيار بدء التشغيل

لتعليمات VDE 0650 بواسطة U₀ (جهد سكون العضو الدوار) وقدرة المحرك كما يلي:

$$I_2 = 745 \cdot \frac{P_{kW}}{U_0} \quad I_2 = 606 \cdot \frac{P_{kW}}{U_0}$$

(ب) القدرة الإسمية = P₂ = القدرة المعطاة المسموح بها للتشغيل المتواصل (= Continuous Operation) ، وللتشغيل لمدة وجيزة بالدقائق (= Short-period Operation) SO (min) وللتشغيل المتقطع IO (= Intermitted Operation) كنسبة مئوية % من OF.

(ج) تسمى النسبة بين زمن فترة التشغيل والزمن الكلي لدورة التشغيل بمعامل التشغيل النسبي (OF). والقيم القياسية للنسبة هي (20, 40, 60% OF).

تعمل الحركات ذات معطيات OF بالتشغيل المتقطع أي تتعاقب فترات الحمل واللاحمل على مدار فترة دورة التشغيل.

$$OF = \frac{\text{زمن فترة التشغيل}}{\text{الزمن الكلي لدورة التشغيل}} \cdot 100\%$$

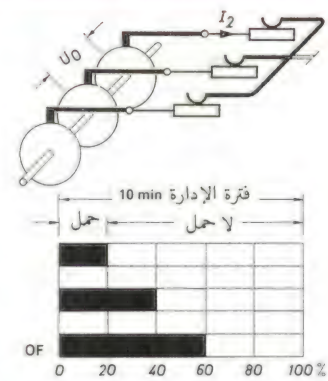
(د) تبين منحنيات التشغيل (سرعة الدوران n والكفاية η ومعامل القدرة cos φ والتيار المسحوب I) تغير الكميات مع أوضاع التحميل: لاهمل - حمل جزئي - حمل كامل - حمل زائد.

في حالة الأحمال الصغيرة يمكن أيضا تحميل محرك ذي فترة وصل تحميلاً ثابتاً (مستمراً)

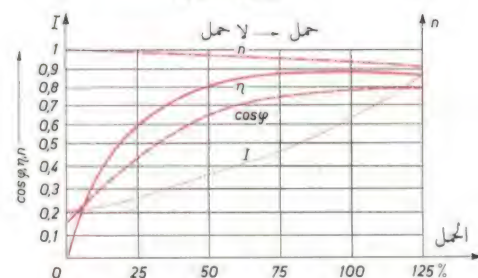
معامل التشغيل = OF (Operating Factor)

$$\frac{P_2}{P_1} = \sqrt{\frac{OF_1}{OF_2}}$$

$$P_2 = P_1 \cdot \sqrt{\frac{OF_1}{OF_2}}$$



منحنى التشغيل



(أ) تحتاج الأعضاء الدوارة ذات الحلقة الانزلاقية إلى بادئ تشغيل للعضو الدوار. وتحسب I₂ في موصل بدء التشغيل طبقاً

تمرينات: ٥٢ - ١ احسب القيم الناقصة من القيم الاسمية بالجدول لحركات التيار ثلاثي الأطوار غير المتزامنة .

القدرة المعطاة للمحرك P_1 (kW)	الكفاءة η	معامل القدرة $\cos\phi$	القدرة الاسمية P_2	التيار الاسمي I (A)	الجهد الاسمي U (V)
?	82%	0,85	1,8 kW	?	220
5,72	0,84	0,88	? kW	?	380
?	86%	?	12 000 W	18,5	500
2,6	?	?	2,2 kW	4,8	380
6,4	?	0,86	5,5 kW	8,6	?
?	0,88	0,87	? kW	51,5	220
?	?	0,68	550 W	2,85	220
8,8	0,85	0,85	? kW	?	500
1,9	78%	?	? kW	6,6	220
0,51	?	0,595	330 W	1,3	?
?	84,5%	0,82	7,5 kW	?	380
13,1	?	?	11 kW	18	500

احسب التردد f_2 للتيار المستحث في العضو الدوار .

٥٢ - ١١ محرك غير متزامن ذو عضو دوار بحلقات انزلاقية (ثلاثي الأطوار) ، معطيات لوحة القدرة به هي : $I=31 A$; $P_2=15,6 kW$; جهد السكون للعضو الدوار : $U_0=78 V$ احسب شدة التيار I_2 في العضو الدوار .

٥٢ - ١٢ احسب شدة التيار I_2 في العضو الدوار عند بدء الدوران بحمل كامل . ثم اوجد مساحة مقطع موصل بادئ التشغيل إذا كان من النحاس مجموعة 2 وذلك للمحركات بالجدول التالي :

القدرة الاسمية (kW)	جهد السكون للعضو الدوار $U_0(V)$	لقيمة العضو الدوار
1,2	58	(أ) ثلاثي الأطوار
2,6	100	(ب) ثلاثي الأطوار
5	140	(ج) ثنائي الأطوار
10	220	(د) ثنائي الأطوار
20	235	(هـ) ثنائي الأطوار
34	265	(و) ثنائي الأطوار

٥٢ - ١٣ محرك تيار ثلاثي الأطوار معطيات لوحة قدرته هي : 5 kW ومعامل التشغيل الاسمي 20% . كم كيلوواط يمكن تحميلها للمحرك تحميلاً ثابتاً (مستمراً) ؟

٥٢ - ١٤ يراد استخدام محركات غير متزامنة بمعطيات OF- بطريقة تشغيل أخرى .

احسب القدرة الجديدة P_2 من معطيات الجدول التالي :

القدرة الحالية P_1	عند OF_1	عند OF_2 الجديدة
(أ) 4 kW	40%	100%
(ب) 5,5 kW	100%	20%
(ج) 3 kW	60%	100%
(د) 15 kW	60%	20%

٥٢ - ١٥ يعمل محرك تيار ثلاثي الأطوار 7,5 kW يومياً بقيم التحميل التالية : (أ) الحمل الاسمي 6 h 30 min ، بكفاءة 0,85 (ب) نصف حمل 4 h 20 min ، بكفاءة 0,83 (ج) ربع حمل 2 h 40 min ، بكفاءة 0,8 احسب تكلفة التشغيل الشهرية (22 يوماً) إذا كلف 1 kWh مبلغ 0,12 SR .

٥٢ - ٢ محرك تيار ثلاثي الأطوار بياناته هي : 380 V, 5,5 kW ومعامل القدرة 0,86 وكفاءته 0,84 . احسب بواسطة هذه المعطيات قيم :

(أ) القدرة المعطاة للمحرك (kW) والقدرة المستفادة منه (kW) (ب) التيار المسحوب I .

٥٢ - ٣ ما هي القدرة التي يأخذها محرك تيار ثلاثي الأطوار عند الحمل الكامل إذا كانت المعطيات الموجودة على لوحة القدرة هي : 380 V, 4,6 A, $\cos\phi=0,77$; 1,8 kW ؟ ما مقدار كفاءته ومعامل قدرته المفاعلة عند التشغيل الاسمي ؟

٥٢ - ٤ ما مقدار معامل القدرة لمحرك تيار ثلاثي الأطوار يسحب عند توصيله على تيار ثلاثي الأطوار ذي جهد 220 V تياراً قدره 11,8 A ، ويستهلك قدرة قدرها 3,6 kW . ما هي القدرات الظاهرية والمفاعلة التي يسحبها المحرك من الشبكة ؟

٥٢ - ٥ لأي جهد صمم محرك تيار ثلاثي الأطوار قدرته 12 kW وكفاءته 86% ومعامل قدرته 0,87 إذا احتاج إلى 18,5 A في خط التغذية عند التحميل الاسمي ؟

٥٢ - ٦ يستهلك محرك تيار ثلاثي الأطوار يعمل على 380 V عند 2,8 A من خط التغذية قدرة مقدارها 4,45 kW . احسب :

(أ) معامل القدرة الفعالة

(ب) زاوية الإزاحة الطورية

(ج) معامل القدرة المفاعلة

(د) الكفاءة إذا أعطى المحرك 1,1 kW عند عمود الإدارة .

٥٢ - ٧ تحتوي بيانات المصنع المنتج لمحرك تيار ثلاثي الأطوار على المعطيات : 3 kW, $\eta=84\%$; $\cos\phi=0,82$ احسب :

(أ) تيار الخط في التوصيل النجمي على 3~50 Hz/380 V

(ب) تيار الخط في التوصيل المثلثي على 3~50 Hz/220 V .

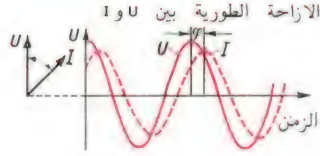
٥٢ - ٨ احسب معاملي القدرة الفعالة والمفاعلة لمحرك تيار ثلاثي الأطوار (3 kV) 3000 V يستهلك عند التوصيل على 3~50 Hz قدرة مقدارها 137 kW وتياراً قدره 30 A .

٥٢ - ٩ يقوم مفتاح Y/Δ موصل على 380 V ببدء التشغيل لعضو دوار مقصر الدائرة يعمل على جهد قدره 380/660 V . ما مقدار التيار I في الخط في مرحلة Y ومرحلة Δ إذا بلغت مقاومة الطور 8Ω ؟

٥٢ - ١٠ لوحة القدرة لمحرك تيار ثلاثي الأطوار بياناتها كما يلي :

$n=2850 \text{ r.p.m.}; f=50 \text{ Hz}$

أساسيات الإزاحة الطورية



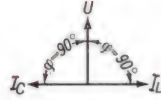
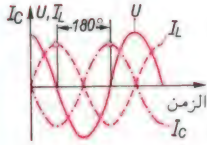
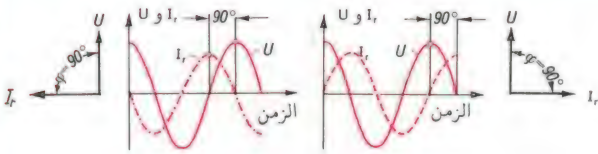
تسحب الأحمال الحثية (المحركات اللازمية ومحولات اللحام والملفات الخانقة... إلخ) طاقة مفاعلة من الشبكة، بالإضافة إلى الطاقة الفعالة، لتكوين المجالات المغنطيسية.

وبالجمع الهندسي لكل من التيار الفعال I_a ، الذي يتحول إلى ضوء أو حرارة أو شغل ميكانيكي، والتيار المغنطة المفاعل I_r نحصل على قيمة التيار I . كما توجد علاقة مشابهة كذلك بالنسبة للقدرة.

يتأخر التيار المفاعل I_r عن جهد الأطراف U بمقدار 90° ، في الشبكات التي بها تحميل حثي، مما يسبب إزاحة طورية بين الجهد U والتيار I بمقدار الزاوية φ .

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{I_a \cdot U}{I \cdot U} = \frac{I_a}{I}$$

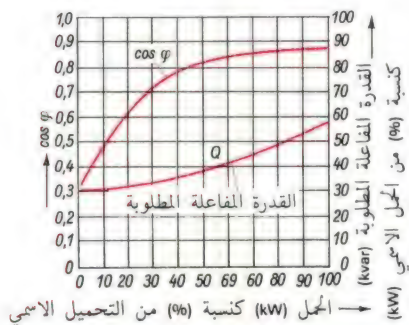
معادلة الطور - تحسين معامل القدرة



تقوم مزيجات الطور (مثل المكثفات التزامنية أو اللازمية ذات الإثارة الزائدة) بخفض زاوية الإزاحة φ بين U و I . إلا أن المكثفات، التي هي مزيجات طور ساكنة، تعتبر أكثر اقتصادية من مزيجات الطور الدورانية. ويجب أن تكون سعة المكثفات الموصلة مع حمل كبير على التوازي كبيرة، بحيث يتكون التيار المتقدم I_c للمكثف، الذي يساوي تماما تيار المغنطة المفاعل المتأخر I_r (انظر مخطط المتجهات التابع)، حيث يتساوى التياران في المقدار لكنهما يختلفان في الاتجاه، وبذا يلغيان بعضهما. ويزيد المكثف من معامل القدرة ويخفف الأحمال عن المحولات والمولدات كما يمكن من زيادة التحميل على الشبكة بقدر كبير.

المعادلة الفردية: قدرة المكثف - معامل القدرة ($\cos \varphi$) عند التحميل

يتوقف كل من القدرة المفاعلة المطلوبة ومعامل القدرة (\cos) على التحميل. ويجب أخذ قيمة التيار المفاعل المطلوب للمحرك في حالة الإلحاح كأساس عند تعيين قيمة C لتجنب المعادلة الزائدة عن الضرورة. وتم تغطية حوالي نصف التيار المفاعل المطلوب عند التحميل الإسمي في حالة المعادلة التامة ($\cos \varphi = 1$) وبذا ينضبط معامل القدرة الفعالة عند التحميل الإسمي عند القيمة: $\cos \varphi \approx 0,9$.



أما في حالة المعادلة الفردية لمحركات التيار ثلاثية الأطوار فتوصل مجموعات المكثفات دائما في اتصال مثلثي (Δ). وفي حالة توصيلها نجميا (Y) توصل المكثفات على جهد الطور (U_{ph}) وتعادل ثلث القدرة المفاعلة فقط في حالة توصيلها مثلثيا (Δ). ويمكن تحويل قدرة المكثف المستخرجة من الجداول أو المحسوبة طبقا للصيغة الرياضية التالية للحصول على قيمة السعة.

$$Q_c = \frac{U^2}{X_c} = \frac{U^2}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_F}$$

$$C_F = \frac{Q_c}{U^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f} \quad F$$

تمرينات

٥٣- ١ محرك تيار ثلاثي الأطوار، بالمعطيات التالية :

$$380 \text{ V}; 1,9 \text{ kW}; \cos \varphi = 0,77; \eta = 0,8$$

عند توصيل مجموعة من المكثفات، هبط التيار المسحوب إلى 3,7 A، مع ثبات القدرة الفعالة. احسب :

(أ) التيار والقدرة المفاعلة المأخوذين بواسطة المحرك بدون مكثفات المعادلة. (ب) القدرة المفاعلة ومعامل القدرة الفعالة الجديدة باستعمال مكثفات المعادلة (ج) التيار المفاعل بالمكثفات وبدونها (د) التغير في زاوية الإزاحة الطورية.

٥٣- ٢ يولد مولد تيار أحادي الطور جهداً قدره 230 V علماً بأن قدرته هي 80 kVA. ما هي القدرة الفعالة التي يمكن للمولد أن يعطيها للشبكة، إذا أريد تحسين معامل القدرة $\cos \varphi = 0,7$ بالمعادلة إلى : (أ) 0,8 (ب) 0,87 (ج) 0,9.

٥٣- ٣ قيس تقيم التالية في وحدة تيار ثلاثي الأطوار : (أ) قبل المعادلة فكانت : 21,5 A و 12 kW و 380 V (ب) بعد المعادلة وكانت : 19 A و 12 kW و 380 V. بين كيفية تغير كل من : (أ) معاملي القدرة الفعالة والمفاعلة؟ (ب) القدرتين الظاهرية والمفاعلة؟

٥٣- ٤ ينقل موصل تياراً قدره 25 A بجهد 220 V، عند معامل قدرة $\cos \varphi = 0,75$. احسب :

(أ) التيار الفعال الذي يحمل به الموصل؟ (ب) كم أمبيراً إضافياً يمكن للموصل أن يسحبها إذا تمت معادلة $\cos \varphi$ إلى 1؟

٥٣- ٥ يراد إيجاد معامل القدرة لوحدة تيار ثلاثي الأطوار تعمل على 220 V بالاستعانة بالقياس بعدد $(C_e = 1200 \text{ r/kWh})$. فإذا بينت أجهزة القياس التقييم التالية : $I = 13 \text{ A}$, $n_c = 80 \text{ r.p.m.}$: $U = 220 \text{ V}$ ، احسب :

(أ) $\cos \varphi$ (ب) الزاوية φ .

٥٣- ٦ مولد تيار ثلاثي الأطوار، له القيم الإسمية التالية : $U = 400 \text{ V}$, $I = 150 \text{ A}$.

(أ) ما مقدار قدرة المولد (kVA)؟ (ب) ما القدرة الفعالة التي يمكن للمولد إعطاؤها للشبكة عند معامل القدرة غير المعادل $\cos \varphi_1 = 0,72$ وعند معامل القدرة المعادل $\cos \varphi_2 = 0,95$ ؟

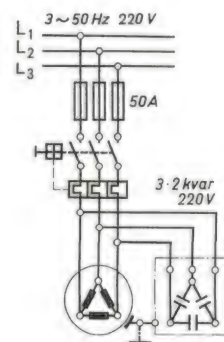
٥٣- ٧ المعادلة : (لشبكة 3~50 Hz/220 V)

القدرة المستفادة من المحرك P_2	الكفاءة η	$\cos \varphi_1$ (غير معادل)	$\cos \varphi_2$ (معادل)
4,2 kW (أ)	0,7	0,5	0,8
1,8 kW (ب)	75%	0,65	0,9
8 kW (ج)	0,82	0,75	0,95
11 kW (د)	78%	0,72	0,85

يحتوي الجدول السابق على قيم تشغيل مأخوذة عن معطيات لوحة القدرة لمحركات غير مترامنة، يراد معادلتها تبعاً للرسم التخطيطي المجاور.

(أ) احسب قدرة المكثف kvar لكل حالة من الجدول.

(ب) أوجد القدرة لكل حالة بالرسم.



الحل الرياضي للجزء (أ) :

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{4,2 \text{ kW}}{0,7} = 6 \text{ kW}$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{S_1}; S_1 = \frac{P_1}{\cos \varphi_1} = \frac{6 \text{ kVA}}{0,5} = 12 \text{ kVA}$$

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} = \sqrt{12^2 - 6^2} = 10,4 \text{ kvar}$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_1}{S_2}; S_2 = \frac{P_1}{\cos \varphi_2} = \frac{6 \text{ kVA}}{0,8} = 7,5 \text{ kVA}$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P_1^2} = \sqrt{7,5^2 - 6^2} = 4,5 \text{ kvar}$$

$$Q_C = Q_1 - Q_2 = (10,4 - 4,5) \text{ kvar} = 5,9 \text{ kvar}$$

تختار 3 مكثفات كل منها 2 kvar/220 V

الحل البياني للجزء (أ) (بالرسم) :

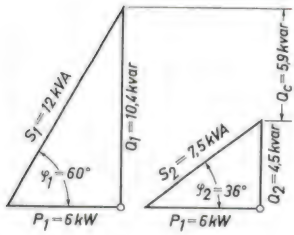
مقياس الرسم 1 kW = 5 mm

غير معادل :

$$\cos \varphi_1 = 0,5; \varphi_1 = 60^\circ$$

معادل :

$$\cos \varphi_2 = 0,8; \varphi_2 = 36^\circ$$



٥٣- ٨ حوّل قدرة المكثفات المفاعلة بالمسألة السابقة إلى السعة المناظرة بالوحدة (μF).

الحل للجزء (أ) :

$$X_C = \frac{U^2}{Q_C} = \frac{(220 \text{ V})^2}{2000 \text{ var}} = 24,2 \Omega$$

$$X_C = \frac{10^6}{\omega \cdot C}; C = \frac{10^6}{\omega \cdot X_C} = \frac{10^6}{314 \cdot 24,2} \mu\text{F} = 131 \mu\text{F}$$

معطيات المكثف هي : 131 μF, ~50 Hz, 220 V

٥٣- ٩ يمكن استخراج قدرة المكثفات لتحسين معامل القدرة من الجدول التالي :

معامل القدرة بدون معادلة	قيمة معامل القدرة المحسن
$\cos\varphi_1$	$\cos\varphi_2$
0,7	0,8
0,9	1,0
قدرة المكثف (kvar) لكل (kW) من القدرة الفعالة	
0,40	1,27
0,50	0,71
0,60	0,31
0,70	—
0,80	—
0,90	—

(يصلح الجدول لكل من التيارين أحادي الطور وثلاثي الأطوار).

مؤسسة صغيرة تغذي من شبكة تيار ثلاثي الأطوار على 380 V وتأخذ قدرة فعالة قدرها 80 kW عند معامل قدرة $\cos \varphi_1 = 0,6$ يراد تحسينه بواسطة مجموعة من المكثفات إلى $\cos \varphi_2 = 0,9$.

(أ) احسب القدرة المفاعلة السعوية المطلوبة.

(ب) تحقق من النتيجة بالاستعانة بالجدول.

٥٣- ١٠ فرن صهر يعمل بالحث على 3~50 Hz 380 V عند

$\cos \varphi_1 = 0,5$ ويأخذ قدرة قدرها 55 kW. عيّن بالرسم القدرة المفاعلة المطلوبة للتحسين إلى $\cos \varphi_2 = 0,8$. تحقق من النتيجة بالاستعانة بالجدول.

تقريبات

٥٤- ١ يولد محرك كهربائي ذو بكرة قطرها $d=360\text{ mm}$ ، قوة محيطية $F=120\text{ N}$. احسب عزم الدوران .

٥٤- ٢ احسب عزم دوران الترس 2 لتعشيق التروس المبينة ، إذا كانت القوة المؤثرة على سن الترس $F=620\text{ N}$ (قوة محيطية) .



٥٤- ٣ ما مقدار قطر بكرة محرك إذا أثرت عليها قوة شد قدرها 360 N عند عزم دوران قدره $18,5\text{ Nm}$ ؟

٥٤- ٤ ما مقدار عزم الدوران الإسمي لمحرك يعمل بالتيار المستمر ، قدرته 6 kW إذا دار بسرعة قدرها 1200 r.p.m. ؟

٥٤- ٥ احسب عزم الدوران للقيم الموضحة بالجدول التالي :

أ	ب	ج	د	هـ	و
P_2	$7,5\text{ kW}$	4 kW	$2,2\text{ kW}$	$0,55\text{ kW}$	$1/2\text{ kW}$
$n\text{ (r.p.m.)}$	2500	1420	2820	820	1350

٥٤- ٦ في تجربة الكبح لمحرك ثلاثي الأطوار ، عينت القيم التالية : (أ) سرعة الدوران $n=1440\text{ r.p.m.}$ (ب) طول ذراع الرافعة للمكبج الاحتكاكي : $r=716\text{ mm}$ (ج) ثقل (وزن) المكبج 50 N . احسب القدرة المستفادة من المحرك بالوحدات : (أ) kW (ب) Nm/s .

٥٤- ٧ محرك ثلاثي الأطوار ذو بكرة قطرها $d=280\text{ mm}$ يعطى قدرة قيمتها 9 kW عند سرعة دوران قدرها 1425 r.p.m. . احسب : (أ) عزم الدوران (ب) قوة شد السير على البكرة .

٥٤- ٨ عند كبح محرك ما ($r=0,716\text{ m}$) سجلت قيم القياس التالية :

التجربة	أ	ب	ج	د	هـ	و
سرعة الدوران (r.p.m.)	1600	1220	1020	820	720	650
الثقل (N)	6,25	24,8	51	92,5	165,5	260

عين قدرة المكبج بالوحدتين : (kW) ، (Nm/s) .

ارسم شكلاً بيانياً ممثلاً :

المحور الأفقي : $1\text{ kW} \triangleq 5\text{ mm}$

المحور الرأسي : $200\text{ r.p.m.} \triangleq 10\text{ mm}$

٥٤- ٩ احسب عزم الدوران لمحرك يعمل بالتيار المستمر من المعطيات التالية :

$n=1200\text{ r.p.m.}$ ، $\eta=85\%$ ، $I=18\text{ A}$ ، $U=220\text{ V}$

٥٤- ١٠ احسب عزم الدوران الذي يولده محرك متصل بمكثف يعمل على 220 V ويسحب تياراً قدره $8,5\text{ A}$ ، عند الحمل الكامل للوصول إلى سرعة دوران 2860 r.p.m. وعند معامل قدرة $0,9$ وكفاءة $0,75$ ؟

٥٤- ١١ مدون على محرك بمكثف بدء دوران ومكثف تشغيل المعطيات التالية : تيار بدء الدوران $(3 \cdot I_N)$ وعزم بدء الدوران $= (2,5 \cdot M_N)$ وعزم الدوران الانهياي $= (1,7 \cdot M_N)$ ويسحب عند التشغيل بالحمل الكامل تياراً قدره $8,6\text{ A}$ عند جهد 110 V ومعامل قدرة $\cos \varphi=0,2$ وكفاءة $\eta=0,78$. احسب :

(أ) عزم الدوران الإسمي عند 1440 r.p.m. (ب) أعلى تيار يتم

سحبه عند بدء الدوران (ج) عزم بدء الدوران وعزم الدوران الانهياي .

٥٤- ١٢ محرك تيار ثلاثي الأطوار يعمل على 500 V ذو دوار مقصر الدائرة ، سرعة دوران عمود إدارته عند الحمل الإسمي 1825 r.p.m. فإذا كانت الكفاءة 80% ومعامل القدرة $\cos \varphi=0,87$ ، احسب : (أ) عزم الدوران الإسمي M_N (ب) عزم الدوران البادئ للحركة (M_p) عند سرعة دوران $n=650\text{ r.p.m.}$ وقدره $P=10\text{ kW}$ (ج) عزم الدوران الانهياي (M_B) عند سرعة دوران 1550 r.p.m. وقدره : $P=28\text{ kW}$.

٥٤- ١٣ محرك يعمل بالتيار المستمر على 220 V وكفاءته $0,62$. وعند $n=1300\text{ r.p.m.}$ يصل إلى عزم دوران $M=12\text{ Nm}$. ما مقدار التيار المسحوب ؟

٥٤- ١٤ محرك تيار ثلاثي الأطوار يعمل على 380 V وله $\eta=0,87$ ، $\cos \varphi=0,85$ ، ويبلغ عزم دورانه $M=250\text{ Nm}$ في تجربة الكبح عند تيار $I=50\text{ A}$. احسب سرعة دوران المحرك n .

٥٤- ١٥ عينت القيم التالية عند كبح محرك أحادي الطور : $M=8,2\text{ Nm}$; $\cos \varphi=0,79$; $n=1445\text{ r.p.m.}$; $8,5\text{ A}$; 220 V ; ما مقدار كفاءة المحرك عند هذا التحميل ؟

٥٤- ١٦ احسب القيم الناقصة بالجدول :

نوع التيار	تيار ثلاثي الأطوار	تيار متردد	تيار مستمر
أ	ب	ج	د
U (V)	380	220	125
I (A)	?	5	15
n (r.p.m.)	920	?	720
η	85%	0,8	0,82
$\cos \varphi$	0,88	0,85	0,86
M (Nm)	150	135	?

٥٤- ١٧ أجريت تجربة كبح لتعيين القدرة الإسمية والكفاءة لمحرك يعمل بالتيار المستمر بواسطة مكبج احتكاكي . وأثناء التجربة قيست القيم التالية :

80 N = المكبج (وزن) ، ثقل (وزن) المكبج 80 N (لطول ذراع رافعة قدره 716 mm) . احسب :

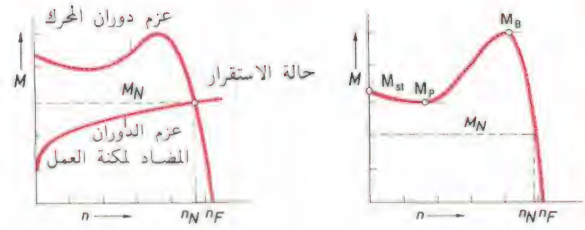
(أ) القدرة الإسمية للمحرك بوحدة kW (ب) الكفاءة (η) (ج) فقد المحرك بالواط (W) .

٥٤- ١٨ كبح محرك ثلاثي الأطوار بمكبج ذي شريط حتى تم الوصول إلى سحب التيار الإسمي وقيست القيم التالية : قطر قرص الكبح 280 mm وسرعة الدوران : $n=2800\text{ r.p.m.}$ وثقل (وزن) المكبج $G=120\text{ N}$. احسب :

(أ) عزم الدوران الإسمي M .
(ب) أقصى قدرة عند أكبر سرعة ، إذا بلغ عزم الدوران الانهياي عند 2500 r.p.m. ، $2,8$ مرة مثل عزم الدوران الإسمي .

٥٤- ١٩ احسب من المعطيات التالية ، قوة الشد على السير ، لمحرك تيار ثلاثي الأطوار : $4,8\text{ A}$ و 380 V وقطر البكرة 200 mm ، $n=1450\text{ r.p.m.}$ ، $\eta=86\%$ ، $\cos \varphi=0,82$ ،

عزم دوران المحرك



يمكن استخراج قيم عزم الدوران M_B و M_P و M_{st} من قوائم بيانات الحركات. ويحسب عزم الدوران الاسمي من القدرة الميكانيكية للمحرك كما يلي:

$$P_N = \text{القدرة الاسمية (kW)}$$

$$n = \text{سرعة الدوران الاسمية (r.p.m.)}$$

$$M_N = 9550 \cdot \frac{P_N}{n} \text{ Nm}$$

أ) لكي تتم بداية الدوران في زمن محدد، يجب أن يكون عزم الدوران المعطى من المحرك بين السكون وسرعة

تعيين قدرة الحمل الكامل للمحرك (أمثلة)

قدرة المحرك P للحركة المستقيمة:

$$P = \frac{F \cdot v}{1000 \cdot \eta} \text{ kW}$$

P للحركة الدورانية:

$$P = \frac{M \cdot n}{9550} \text{ kW}$$

F = القوة بالنيوتن (N)

v = السرعة (m/s)

η = الكفاءة الميكانيكية

M = عزم الدوران (Nm)

n = سرعة الدوران (r.p.m.)

P في حالة المصاعد:

غالباً ما تعادل في المصاعد حمولة جسم المصعد ونصف حمولة الاستخدام بأثقال موازنة.

$$P = \frac{F \cdot v}{2 \cdot 1000 \cdot \eta} \text{ kW}$$

F = القوة (N)، v = السرعة (m/s)

بدء الدوران في مكثات التشغيل

الدوران الاسمية أكبر من عزم الدوران المضاد لمكنة التشغيل (انظر منحني عزم الدوران).

ب) يلزم عزم الدوران الزائد لتعجيل كتل المحرك الدوارة وجميع أجزاء الإدارة المقترنة بالمحرك ضد قصورها الذاتي.

ج) لا يجوز أن يتم التعجيل بشدة أو بطريقة نبضية (بصورة متقطعة) وذلك للمحافظة على أجهزة الإدارة (التروس والسيور والحبال ... الخ).

د) عند بدء الإدارة بحمل ثقيل (أجهزة الطرد المركزي - نابذات - تجهيزات الدلفنة) يجب أخذ عزم الدوران البادئ للحركة في الاعتبار كي لا يظل المحرك معلقاً عند بدء الدوران.

هـ) يعطى العزم المبين في الشكل من المحرك عند جهد الشبكة الكلي فقط وهو ينخفض تربيعياً مع انخفاض الجهد.

و) عندما يصل المحرك إلى سرعة دوران التشغيل، يتوازن عزم دوران المحرك مع العزم المضاد لمكنة التشغيل (انظر نقطة تقاطع المنحنيين).

P في حالة المضخات:

لتعيين قدرة المحرك في المضخات، يُعوّض بدلاً من (F·v) بحاصل ضرب معدل التدفق في الضاغط المانومتري:

$$P = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot h}{\eta} \text{ kW}$$

Q = معدل التدفق (التصريف) (m³/s)

ρ = كثافة السائل (kg/dm³)

g = تسارع الجاذبية = 9.81 m/s²

h = ارتفاع الضغط + قيمة المقاومة، (m) من عمود السائل.

P في حالة أجهزة التهوية:

بدلاً من حاصل ضرب (F·v) يعوض في أجهزة التهوية بحاصل ضرب معدل التدفق وضغط الهواء:

$$P = \frac{Q \cdot p}{1000 \cdot \eta} \text{ kW}$$

Q = معدل التدفق (m³/s)، p = ضغط الريح بالباسكال عند

فتحة خروج الهواء، 1 Pa = 1 N/m².

نوع البدء	العزم المضاد	مثال
دون حمل	عملياً لا يوجد عزم مضاد لأن التحميل يبدأ بعد بدء الدوران.	مكثات الحرارة والمكبس والمقصات والضواغط ذات الكباس المتردد عند بدء الدوران بدون حمل.
بدء الدوران بحمل مع عزم دوران متزايد	يرتفع العزم المضاد مع ارتفاع سرعة الدوران.	أجهزة التهوية والمضخات الرحوية والضواغط الدورانية.
بدء الدوران بحمل كامل	العزم المضاد = عزم دوران الحمل الكامل.	أجهزة الرفع والسيور الناقلة والمضخات.
بدء الدوران بحمل زائد	العزم المضاد أكبر بكثير من عزم دوران الحمل الكامل.	مصانع الدلفنة والطواحين بالكرات والنابذات (الأجهزة العاملة بالقوة الطاردة المركزية).

تمرينات

٥٥ - ١ محرك ثلاثي الأطوار يصل عند سرعة الدوران الاسمية وقدرها 1425 r.p.m. ، إلى قدرة إسمية قدرها 6 kW. (أ) ما مقدار عزم الدوران الإسمي للمحرك؟ (ب) ما هي قوة الشد (F) التي تنشأ على محيط بكرة قطرها 240 mm؟

٥٥ - ٢ يراد تحريك حمل قدره 500 kg بواسطة عيار (ونش) كفاءته 65% ، بسرعة قدرها 4,3 m/s. ما هي القدرة اللازمة لإدارة المحرك الكهربائي بوحدة kW؟

٥٥ - ٣ محرك يعمل بالتيار المستمر قدرته 12,5 kW ويدير بكرة قطرها 220 mm بسرعة n=1200 r.p.m. ما هي قوة الشد الناشئة على البكرة عند التشغيل الإسمي؟

٥٥ - ٤ احسب قوة شد الحبل لعيار يبلغ قطر بكرة الحبل به 600 mm ، إذا أديرَت البكرة بسرعة n=15 r.p.m. ، بقدرة 30 kW. ما هي شدة التيار الذي يسحبه محرك يعمل بالتيار المستمر 220 V من الشبكة إذا كانت كفاءته 80% وكانت كفاءة العيار 75%؟

٥٥ - ٥ محرك قدرته 2,2 kW متصل بمكثف يدور بسرعة n=2 880 r.p.m. ويدير منشاراً دائرياً قطره 360 mm. احسب عزم الدوران عند محيط المنشار وقوة القطع.

٥٥ - ٦ محرك تيار ثلاثي الأطوار يعمل بجهد 380 V ، يجب أن يعطي عند 1410 r.p.m. عزم دوران قدره 78 Nm عند عمود إدارة مجموعة التروس. فما مقدار القدرة (kW) التي يجب أن يعطيها المحرك؟ وما مقدار التيار في خط تغذية المحرك إذا فرض أن الكفاءة 0,75 وأن معامل القدرة 0,82؟

٥٥ - ٧ يلزم لمضخة بكباس ، طبقاً لبيانات الشركة المنتجة عزم دوران قدره 45 Nm عند n=900 r.p.m. احسب : (أ) قدرة المحرك الإسمية (kW) لإدارة المضخة (ب) القدرة المستهلكة بالمحرك عند كفاءة 0,75.

٥٥ - ٨ يسحب محرك ثلاثي الأطوار : U=380 V ; cos φ=0,85 ; n=1410 r.p.m. ; η=0,88 ; 24 A من الشبكة. احسب عزم الدوران على عمود إدارة المحرك.

٥٥ - ٩ يلزم رفع حمولة من قطع الحديد قدرها 3 t في 10 s بواسطة مرفاع مغنطيسي إلى ارتفاع 8 m دون استخدام أثقال موازنة. فإذا كانت الكفاءة الميكانيكية لمجموعة المرفاع 48% احسب القدرة الإسمية لمحرك الإدارة بالوحدات (kW) و (Nm/s).

٥٥ - ١٠ يلزم لمضخة طرد مركزي عزم دوران قدره 60 Nm. ما هي سرعة الدوران الواجبة لمحرك ثلاثي الأطوار ، قدرته 9 kW ، والذي يحمل تحميلاً كاملاً بإدارته للمضخة؟

٥٥ - ١١ يراد رفع 5 000 kg في 1/2 min إلى ارتفاع 30 m بواسطة مصعد بناء كفاءته 48% وتمت معادلة نصف حمولة التشغيل وكل من وزن الجسم والحبال بواسطة أثقال موازنة. احسب : (أ) القدرة الإسمية للمحرك بوحدة kW (ب) التيار الإسمي للمحرك إذا تم التوصيل بمحرك تيار ثلاثي الأطوار ذي :

$$\eta=0,82; \cos \varphi=0,85; 380 \text{ V}$$

٥٥ - ١٢ يقوم مرفاع سقف برفع حمولة قدرها 1200 kg في 7 s إلى ارتفاع 14 m. فإذا كانت كفاءة آلة الرفع = 52% احسب : (أ) قدرة المحرك بوحدة kW (ب) عزم الدوران الإسمي إذا كان محرك التيار المستمر المختار يدور بسرعة 2 700 r.p.m. (ج) التيار الإسمي للمحرك ، إذا كانت كفاءته 76% وجهد التوصيل 220 V.

٥٥ - ١٣ يلزم نقل 250 kg من المادة الغفل بواسطة سير ناقل على طول قدره 12 m في المتوسط بسرعة v=2,2 m/s إلى ارتفاع 5,5 m والكفاءة الميكانيكية لمجموعة السير 52%. (أ) كم (kg) من المادة الغفل تنقل في ساعة واحدة؟ (ب) كم kW يجب أن يعطيها المحرك لعمود الإدارة؟

٥٥ - ١٤ تقوم مضخة بكباس ، ذات كفاءة 75% بضخ 15 m³ من الماء في الساعة إلى ارتفاع ضخ 18 m فإذا كانت كفاءة مجموعة التروس الموجودة بين المحرك والمضخة 0,62 ، وكفاءة المحرك 85%. احسب : (أ) القدرة المستفادة من المحرك (kW) (ب) القدرة المعطاة للمحرك بوحدة kW (ج) التيار الإسمي للمحرك إذا وصل محرك التيار المستمر القائم بالإدارة على شبكة جهدها 220 V.

٥٥ - ١٥ محرك ثلاثي الأطوار معطيته هي :

$$380 \text{ V}, 1415 \text{ r.p.m.}, 7,7 \text{ kW}$$

(أ) ما مقدار عزم الدوران الإسمي؟

(ب) ما هي الحمولة التي يمكن رفعها بواسطة المحرك في مجموعة مصعد كفاءتها 0,68 لمسافة 15 m في 10 s؟

٥٥ - ١٦ كم m³ من المياه يمكن لمحرك ثلاثي الأطوار قدرته 22 kW أن يرفعها في ساعة واحدة من عمق 25 m بمجموعة ضخ كفاءتها 66%؟

٥٥ - ١٧ مروحة تهوية تبلغ كفاءتها 65% تقوم بضغط 100 m³ من الهواء في كل دقيقة بضغط هواء يبلغ 25 Pa من خلال فتحة طرد قطرها 800 mm.

(أ) احسب القدرة المستفادة من محرك تيار ثلاثي الأطوار يعمل على 380 V.

(ب) كم kW يأخذها المحرك من الشبكة ، عند كفاءة محرك قدرها 0,85 ، وعند معامل قدرة cos φ=0,82؟

(ج) بكم أمبير يحمل خط تغذية المحرك ، ولم يجب أن تكون مساحة مقطع الموصل ، طبقاً للمجموعة 2 للنحاس؟

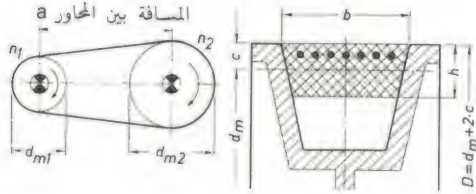
(د) ما هي تكلفة الطاقة في اليوم (24 ساعة) بتعريفه 0,13 SR/kWh؟

٥٥ - ١٨ تقوم مضخة زيت ذات كفاءة ضخ 0,7 بسحب 10 000 l من الزيت كثافته q=0,9 kg/dm³ في الساعة من عمق 4 m ثم رفعه إلى ارتفاع 28 m. عيّن القدرة المأخوذة من المحرك بالوحدات (kW) و (Nm/s).

٥٥ - ١٩ يبلغ تدفق المياه في منشأة لرفع المياه 0,8 m³ في الدقيقة. كم kW تلزم لتشغيل مجموعة التصريف ، إذا استخدمت مضخة تعمل بالطرد المركزي كفاءتها 73% لضخ المياه من عمق 420 m إلى الخارج؟ احسب مساحة مقطع الموصل التي يجب اختيارها لخط التغذية لمحرك تيار مستمر يعمل على 220 V وكفاءته 0,82 ، طبقاً للمجموعة 1 للنحاس.

الإدارة بالسيور المسطحة - الإدارة بالسيور حرف V

لتأثير الاحتكاك والتأثير الإسفيني ثلاثة أمثاله في حالة السير المسطح تقريبا. ويتم نقل القدرات العالية بواسطة عدة سيور حرف V على بكرات متعددة التجايف على شكل حرف V.



والسيور حرف V مقاطع موحدة قياسيا (أنظر الجدولين A و B صفحة ١٢٧). ويتغير المقطع بتغير المسافة c، ويتغير القطر المتوسط d_m المسموح به لبكرة السير أيضا. ويصلح أصغر قطر ليتخذ كقيمة إسنادية ويجب الالتزام بهذا القطر إذا لم توجد أسباب قهرية تتطلب اختيار قطر آخر.

$$d_{m1} \cdot n_1 = d_{m2} \cdot n_2$$

$$v = \frac{d_m \cdot \pi \cdot n}{1000 \cdot 60}$$

d_m1 = القطر المتوسط للبكرة القائدة (mm)

n_1 = سرعة دوران البكرة القائدة (r.p.m.)

d_m2 = القطر المتوسط البكرة المقودة (mm)

n_2 = سرعة دوران البكرة المقودة (r.p.m.)

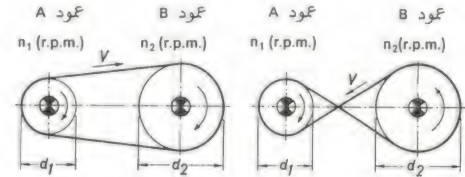
a = المسافة بين المحاور : a ≈ d_m2 + 3c

(تستخرج c من الجدول A)

v = سرعة السير (m/s)، يوصى بأن تكون السرعة :

$$v = 15 \dots 20 \text{ m/s}$$

تقوم السيور بنقل القوة والحركة من عمود إدارة إلى عمود إدارة آخر أو عدة أعمدة إدارة أخرى بواسطة الاحتكاك. وتمكن السيور المصنوعة من مادتين (بيرلون + طبقة من الجلد الكرومي) من تقصير المسافة بين المحاور (0,65 · d_2) وبلوغ سرعات تصل إلى 50 m/s للسير الناقل.



تعتيق سير مقص وفيما تدور البكرات في اتجاهين متضادين. البكرات في اتجاه واحد.

الصيغة الرياضية للإدارة بالسيور : بدون انزلاق السير تكون السرعة المحيطية للبكرة القائدة v_1 مساوية للسرعة المحيطية للبكرة المقودة v_2 :

$$\text{البكرة 1 : } v_1 = d_1 \cdot \pi \cdot n_1 \quad \text{البكرة 2 : } v_2 = d_2 \cdot \pi \cdot n_2$$

$$v_1 = v_2$$

بقسمة طرفي المعادلة على π نحصل على :

$$d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2$$

d_1 = قطر البكرة القائدة (mm)

n_1 = سرعة دوران البكرة القائدة (r.p.m.)

d_2 = قطر البكرة المقودة (mm)

n_2 = سرعة دوران البكرة المقودة (r.p.m.)

v = سرعة السير (m/s)

في حالة السير حرف V تكون قدرة التصاق السير نتيجة

نسبة نقل السرعة i - الانزلاق - زاوية التماس

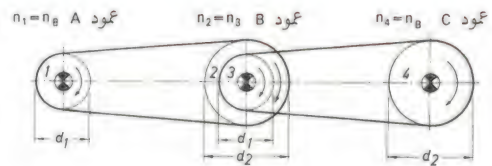


يتراوح الانزلاق في السيور العادية من 1,5% إلى 2%. وإذا أريد الحفاظ على نسبة سرعة ثابتة فإنه يجب اختيار البكرة القائدة بقطر أكبر بمقدار 1,5% إلى 2%، أو البكرة المقودة بقطر أصغر بنفس النسبة المئوية. ويجب الحفاظ على المسافات بين المحاور وأصغر مسافة هي :

$$a = 3(d_1 + d_2)$$

لا يسمح بأن تكون زاوية التماس عند البكرة الصغرى أصغر من 150°، وذلك للحفاظ على قيمة الانزلاق وإلا وجب استخدام بكرات شد للسير.

$$\alpha = 180^\circ - \frac{60^\circ (d_2 - d_1)}{a}$$



نسبة نقل الحركة i طبقا للمواصفات DIN 868 :

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

$$i = \frac{d_{m2}}{d_{m1}}$$

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

$$i = \frac{d_2}{d_1}$$

سيور حرف V

سيور مسطحة

إذا زادت نسبة نقل الحركة i في حالة السيور المسطحة عن (5:1)، وفي حالة السيور حرف V عن (15:1)، فإنه يتم النقل على مرحلتين، وتكون نسب نقل الحركة كما يلي :

$$i = i_1 \cdot i_2$$

$$i = i_1 \cdot i_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{n_3}{n_4} = \frac{n_1}{n_4} = \frac{n_B}{n_E}$$

تمرينات

٥٦- ١ محرك كهربائي سرعة دورانه 1420 r.p.m. مركبة عليه بكرة سير قطرها 125 mm يدير منشارا دائرياً بسرعة 560 r.p.m. احسب: أ) قطر بكرة السير لعمود إدارة المنشار ب) السرعة المحيطية (m/s) للمنشار الذي يبلغ قطره $D=630$ mm ج) نسبة نقل الحركة (السرعة).

٥٦- ٢ محرك ثلاثي الأطوار، ذو سرعة دوران إسمية $n_1=960$ r.p.m. يدير ضاغط (كباس) عن طريق سيور بسرعة قدرها $n_2=500$ r.p.m. احسب: أ) القطر d_2 لبكرة سير الضاغط إذا بلغ القطر d_1 لبكرة سير المحرك 450 mm ب) سرعة السير v (m/s) ج) نسبة نقل الحركة (السرعة) i د) بكم mm يجب أن يقل قطر البكرة المقودة مع اعتبار انزلاق السير $s \approx 2\%$.

٥٦- ٣ احسب القيم الناقصة في الجدول:

البكرة القائدة	d_1 (mm)	n_1 (r.p.m.)	البكرة المقودة		i
			d_2 (mm)	n_2 (r.p.m.)	
أ)	?	710	400	355	?
ب)	90	?	450	250	?
ج)	80	1600	?	400	?
د)	140	1250	250	?	?
هـ)	90	1400	360	?	?
و)	?	1250	400	500	?
ز)	80	?	320	200	?
ح)	180	1400	?	400	?

٥٦- ٤ احسب القيم الناقصة وأصغر مسافة مناظرة بين المحورين في الجدول التالي:

البكرة القائدة	d_1 (mm)	n_1 (r.p.m.)	البكرة المقودة		i	a
			d_2 (mm)	n_2 (r.p.m.)		
أ)	360	200	420	?	?	?
ب)	600	120	?	150	?	?
ج)	?	250	375	400	?	?
د)	400	?	240	1500	?	?
هـ)	600	?	400	900	?	?

٥٦- ٥ احسب زاوية التماس لأصغر بكرة من نتائج المسألة السابقة. وفي أي المسائل يكون استخدام بكرات الشد ضرورياً؟

٥٦- ٦ احسب من معطيات الجدول الآتي ما يلي:
أ) سرعات الدوران n_1 (r.p.m.) لجانب الإدارة ب) قطر بكرة السير لجانب الحمل ج) بكم mm يجب أن يزيد اختيار d_1 لمعادلة الانزلاق: $s \approx 2\%$

قطر البكرة القائدة d_1 (mm)	سرعة دوران الحمل n_2 (r.p.m.)	نسبة نقل السرعة i
أ)	710	1 : 3,15
ب)	1120	1 : 4,5
ج)	90	2,8 : 1
د)	160	3,55 : 1

٥٦- ٧ تنتقل الحركة من محرك كهربائي بالسيور على مرحلتين: $n_1=2820$ r.p.m. و $d_1=140$ mm و $d_2=800$ mm و $d_3=160$ mm و $d_4=630$ mm.

احسب:

أ) نسبة نقل الحركة i_1 ب) نسبة نقل الحركة i_2 ج) نسبة نقل الحركة الكلية i د) n_E (السرعة النهائية).
٥٦- ٨ إذا نقلت الحركة بالسيور على مرحلتين وكان:
 $d_4=500$ mm, $n_4=112$ r.p.m., $n_2=280$ r.p.m., $d_1=225$ mm, $n_1=940$ r.p.m.

احسب ماييلي من الجدول التالي:

أ) i_1	ب) d_2 (mm)	ج) d_3 (mm)	د) i_2	هـ) i
المجموعة A: السيور المقفلة حرف V والقطر الخارجي للبكرة D والقطر الأصغر d_m (DIN 2215)				
عرض السير b (mm)	5	6	8	10
ارتفاع السير h (mm)	3	4	5	6
المسافة c (mm)	1,5	2	2,5	3
أصغر قطر للبكرة d_m (mm)	22	32	45	63
$= D = d_m + 2c$	d_m	$3+$	$4+$	$5+$
		$6+$	$8+$	$10+$
				$12+$

٥٦- ٩ احسب، من معطيات الجدول A السابق القطر D لبكرة السير حرف V:

أ	ب	ج	د	هـ	و
القطر المتوسط للبكرة d_m (mm)	315	560	50	112	71
عرض السير b	5	20	17	8	10

المجموعة B: القطر المتوسط أو الإسمي لبكرات السيور حرف V (DIN 2217)

القيم الإسمية	20	22	25	28	32	36	40
للقطر	45	50	56	63	71	80	90
المتوسط	100	112	125	140	160	180	200
d_m (mm)*	224	250	280	315	355	400	450
	500	560	630	710	800	900	1000

تدرج الأقطار فيما بين 1000 حتى 5600 بتدرج يناطر عشرة أمثال الأقطار الموصحة بالجدول B.

* يعتبر القطر المتوسط d_m عاملاً أساسياً في حساب نسبة

٥٦- ١٠ احسب القطر الأصغر d_m (mm) بالاستعانة بالجدول A ودقق النتيجة بواسطة الجدول B.

أ	ب	ج	د	هـ	و
القطر الأكبر للبكرة D (mm)	230	642	150	120	60
عرض السير b (mm)	10	20	17	13	6

٥٦- ١١ يدار سير حرف V عرضه $b=6$ mm بواسطة بكرة قطرها $D=75$ mm بسرعة دوران $n=1400$ r.p.m. احسب سرعة السير (m/s) v .

٥٦- ١٢ سير حرف V عرضه 20 mm يدار بواسطة بكرة قطرها $D=236$ mm، بسرعة $v=11,8$ m/s. احسب سرعة دوران البكرة (r.p.m.)

٥٦- ١٣ البكرة 1: $D_1=50$ mm والبكرة 2: $D_2=185$ mm والمقطع الجانبي للسير = 8. احسب نسبة نقل الحركة.

٥٦- ١٤ سير إدارة حرف V ذو المقطع الجانبي 10 وبياناته $n_2=300$ r.p.m.; $n_1=1500$ r.p.m.; $d_{m1}=80$ mm احسب: أ) v (m/s) ب) d_{m2} (mm) ج) i

الإدارة بالتروس

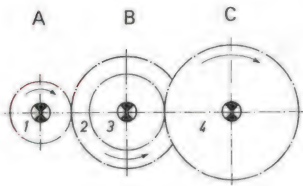
٢ - عندما يستخدم ترس واحد أو ثلاثة أو خمسة تروس وسيطة يكون اتجاه دوران الترس الثاني ماثلاً لاتجاه دوران الترس الأول.

الصيغة الرياضية للإدارة بالتروس :
نسبة نقل الحركة :

$$i = \frac{z_2}{z_1} \quad i = \frac{n_1}{n_2} \quad z_1 \cdot n_1 = z_2 \cdot n_2$$

تبلغ أكبر نسبة نقل ممكنة في التروس 12 إلى 1 (12:1) أما إذا كانت النسبة أكبر ، فيتم نقل الحركة على مرحلتين .

الإدارة بالتروس على مرحلتين :



العمود A: الترس 1 قائد : $n_1 = n_B$ و z_1

العمود B: الترس 2 مقود : n_2 و z_2

العمود B: الترس 3 قائد : $n_3 = n_2$ و z_3

العمود C: الترس 4 مقود : $n_4 = n_E$ و z_4

نسبة نقل الحركة الكلية $i =$ نسبة نقل الحركة

$i_2 \times$ نسبة نقل الحركة i_1

$$i = \frac{n_1 \cdot n_3}{n_2 \cdot n_4}, \quad n_2 = n_3$$

$$i = \frac{n_1}{n_4} = \frac{n_B}{n_E}, \quad n_B = i \cdot n_E, \quad n_E = \frac{n_B}{i}$$

$$\frac{\text{سرعة الدوران الابتدائية } n_B}{\text{سرعة الدوران النهائية } n_E} = i = \text{النسبة الكلية لنقل الحركة}$$

إذا كانت أعمدة الإدارة متقاربة من بعضها البعض ، تنقل القوة والحركة عندئذ بواسطة التروس ويفرق هنا بين الإدارة بالتروس باستعمال ترس وسيط أو بدونه .

الإدارة بالتروس بدون ترس وسيط :

العمود القائد A ومثبت عليه الترس 1.

d_{o1} = قطر دائرة الخطوة

z_1 = عدد الأسنان

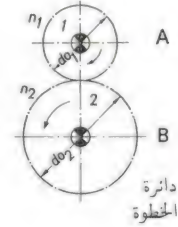
n_1 = سرعة الدوران (r.p.m.)

العمود المقود B ومثبت عليه الترس 2

d_{o2} = قطر دائرة الخطوة

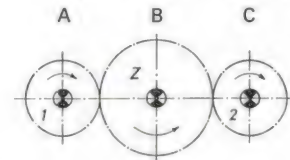
z_2 = عدد الأسنان

n_2 = سرعة الدوران (r.p.m.)



لاحظ انعكاس اتجاه الدوران .

الإدارة بالتروس باستعمال ترس وسيط



العمود A

الترس 1 القائد

(z_1, n_1)

العمود B

الترس الوسيط

(z, n)

العمود C

الترس 2 المقود

(z_2, n_2)

ملاحظة :

١ - يستعمل ترس وسيط إذا كانت المسافة بين المحورين كبيرة .

٢ - لا تتغير نسبة نقل الحركة بين الترسين القائد والمقود عند استعمال الترس الوسيط .

الإدارة بالدودة (البريمة) والترس الدودي

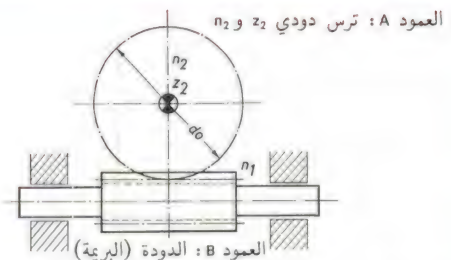
يفرق هنا بين الدودة المفردة والمتعددة الأبواب . ويمكن مقارنة ذلك باللوالب المفردة والمتعددة الأبواب . كما يمكن (حسابياً) اعتبار الدودة ذات الباب الواحد كترس ذو سَنَة واحدة لأن الإدارة تصدر دائماً من الدودة . وعليه يكون في الدودة ذات الباب الواحد : $z_1 = 1$.

وغالباً ما يكون للإدارة بالدودة والترس الدودي ، المستخدمة في آلات الرفع ، خاصية ذاتية القفل (مساعد البناء وبكرات الرفع ... الخ) إذ تمنع الدودة المركبة على عمود الإدارة للمحرك سقوط الحمل عند فصل دائرة المحرك دون استخدام أي تجهيزات كبح إضافية .

الصيغة الرياضية للإدارة بالدودة والترس الدودي : بالتعويض في الصيغة الرياضية للإدارة بالتروس عن z_1 بعدد الأبواب في الدودة (البريمة) ، فإننا نحصل على الصيغة الرياضية للنقل بالدودة والترس الدودي :

$$z_w \cdot n_1 = z_2 \cdot n_2$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_w}$$



n_1 = سرعة دوران الدودة

z_w = عدد أبواب الدودة

d_o = قطر دائرة الخطوة

n_2 = سرعة دوران الترس الدودي

z_2 = عدد أسنان الترس الدودي

تخفيض الدودة والترس الدودي سرعات الدوران العالية بنسبة كبيرة . ويمكن استخدام الإدارة بالدودة والترس الدودي في أعمدة إدارة متقاطعة ونسب نقل عالية ($i \approx 50:1$) وتحويل سرعة دوران عالية إلى أخرى منخفضة جداً .

٥٧-١ مراجعة لنسبة نقل الحركة:

مثال (۱) : $i = 2:1$

$$n_2 = 250 \quad n_1 = 500$$

$$d_{02}=200 \quad d_{-1}=100$$

$$z_2 = 80 \quad z_1 = 40$$



$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_{o2}}{d_{o1}} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{500}{250} = 2$$

التحويل من سرعة منخفضة إلى سرعة عالية :

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_{o2}}{d_{o1}} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{250}{500} = \frac{1}{2}$$

٥٧- ٢ احسب عدد الأسنان z_1 للإدارة بالتروس، إذا كانت $i = 2,5:1$ و $z_2 = 80$.

٥٧- ٣ احسب عدد الأسنان z_2 للإدارة بالتروس ، إذا كانت $i = 1:3,5$ و $z_1 = 105$.

٥٧- عين z_1 و z_2 ، عند $i=5,5:1$ للإدارة بالتروس ، إذا كانت $n_1=720$ r.p.m. و $z_2=132$.

٥٧ - ١١ عن n_F ونسبة نقل الحركة i عند:

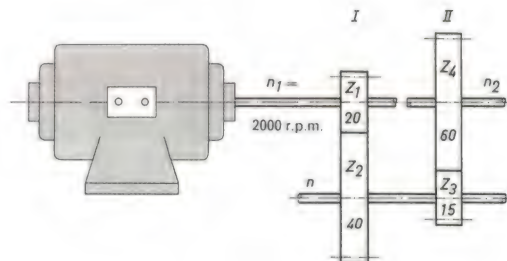
$$n_B = 56 \text{ r.p.m.}; \quad z_1 = 108; \quad z_2 = 30; \quad z_3 = 124; \quad z_4 = 31$$

٥٧- ٥ ما مقدار z_2 و n_2 للإدارة بالتروس إذا كانت $n_1 = 250$ r.p.m. و $(z_1 = 128)$ و $i = 1:3,2$.

٥٧- ٦ في مجموعة إدارة بالتروس إذا كانت : $z_1 = 25$ و $z_2 = 95$ كانت سرعة دوران الترس القائد : 150 r.p.m.

احسب سرعة دوران الترس المقود ونسبة نقل الحركة.

٥٧ - ٧ احسب بواسطة الصيغة الرياضية للإدارة البسيطة بالتروس، سرعة الدوران n_2 ونسبة نقل الحركة الكلية للإدارة بالتروس المبنية :



٥٧ - ٨ احسب القيم الناقصة في الجدول التالي :

أ	ب	ج	د	هـ	
?	25	45	?	15	z_1 للترس القائد
?	?	120	150	?	n_1 للترس القائد
60	?	?	90	?	z_2 للترس المقود
200	500	?	?	250	n_2 للترس المقود
3 : 4	4 : 5	2 : 3	6 : 1	12 : 5	نسبة نقل الحركة

أ	ب	ج	د	هـ	
?	25	45	?	15	z_1 للترس القائد
?	?	120	150	?	n_1 للترس القائد
60	?	?	90	?	z_2 للترس المقود
200	500	?	?	250	n_2 للترس المقود
3 : 4	4 : 5	2 : 3	6 : 1	12 : 5	نسبة نقل الحركة

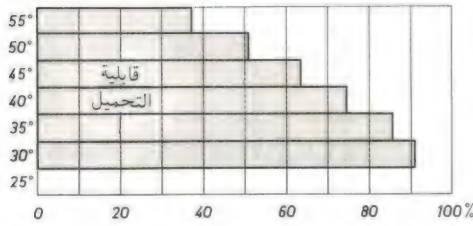
أ	ب	ج	د	هـ
1	3	2	2	عدد أبواب الدودة في الوحدة z_w
500	750	1440	1440	سرعة دوران الدودة n_1
50	30	144	80	عدد أسنان الترس الدودي z_2

حساب المقطع المستعرض للموصلات الكهربائية

وتنتقل هذه الحرارة إلى المادة العازلة التي توصلها بدورها للحيز المحيط ومن هنا تتباين فروض تبديد حرارة الفقد. ولمواجهة هذا التباين، تم تكوين ثلاث مجموعات تحميل (مجموعات انتقال)، تختلف عن بعضها البعض تبعاً لكثافة التيار فيها (انظر البند (ج) أعلاه).
(د) درجة الحرارة الحدية:

حد التسخين	درجة حرارة الغرفة
35°C	25°C
+60°C درجة الحرارة الحدية	

تكون مادة العزل حساسة تجاه درجة الحرارة. وتبلغ درجة حرارة الموصل الحدية طبقاً للبند 41 من تعليمات VDE 0100 +60°C (للعزل بالمطاط) أو +70°C (للعزل بمادة PVC). وبافتراض أن درجة حرارة الغرفة 25°C، على الأكثر فإن التسخين الحدي للموصل يبلغ 35°C أو 45°C. انظر الجداول المرفقة بالكتاب



النسبة المئوية للحمل للإسمي وفقاً للجدول (٢) (المرفق بالكتاب)

تصلح معطيات الجدول (٢) بند 41 من تعليمات VDE 0100 لدرجة حرارة الغرفة حتى 25°C فقط، وإذا ما كانت درجة الحرارة المتوسطة للغرفة أعلى فإنه يسمح للموصل بالتحميل بجزء من الحمل الإسمي طبقاً للجدول (٢). ويعطي الجدول (٤) (المرفق بالكتاب) هذا الجزء كنسبة مئوية. وتقع القيم للعزل المطاطي بين 92% عند درجة حرارة الغرفة 30°C و 38% عند 55°C. ويجب اختيار مقطع أكبر للموصل المناظر ويكون التأمين بموصل يكفي مقطعه لدرجة حرارة الغرفة 25°C.

وتفصل المصاهر السريعة التأثير (انظر المنحنى الخصائصي) عند تيار يصل إلى 2,5 مرة مثل التيار الإسمي («تيار الفصل») في ثانية واحدة. أما المصاهر البطيئة التأثير فتبدأ في الفصل عند أربعة أمثال التيار الإسمي في ثانية واحدة. وتسلك مفاتيح LP (وقاية خطوط التوصيل) سلوكاً مماثلاً تقريباً للمصاهر البطيئة التأثير.

مثال:

يحمل موصل من النحاس من المجموعة 2 عند 20°C تحميلاً مستمراً بالتيار 45 A والمطلوب اختيار مقطع الموصل والمصهر المناسب.

الحل: الجدول (٢)، الخانة (٤): $I=47 \text{ A}$, $A=6 \text{ mm}^2$

الجدول (١)، الخانة (٢): مقدرة تحمل المصهر = 50 A

تحدد تعليمات VDE 0100/573 الشروط الواجب اتباعها في تركيبات القدرة لأقل من 1000 V (القيمة الفعالة) وتردداتها الأعلى 500 Hz وأيضاً لأقل من 1500 V (جهد مستمر).

ولذا يجب حساب المقاطع المستعرضة لخطوط التوصيل الكهربائية، بحيث يكون لها أمان ميكانيكي كاف، وألا تسخن لدرجة غير مسموح بها. ويعتبر الموصل ذو أمان ميكانيكي كاف إذا كانت مساحة مقطعه المستعرض تتفق مع معطيات الجدول (١)، بند 41 من تعليمات VDE 0100 وبها أصغر مقاطع الموصلات الكهربائية. ولا تسخن الموصلات إلى درجة غير مسموح بها، عند التحميل الإسمي، إذا اتفقت مساحة المقطع مع معطيات الجدول (٢) ومع الجدولين (٤) و (٥) في بند 41 من تعليمات VDE 0100

الجدول (٢) (انظر الملحق: جدول الأعداد للمهن الكهربائية)

أ) مساحات المقاطع الإسمية: تحتوي الخانة الأولى على مساحات مقاطع الموصلات الإسمية من 0,75 mm² إلى 500 mm² وهي موحدة. وتبلغ الزيادة من مقطع إلى آخر حوالي 1,6 مرة.

ب) مواد الموصلات: تصلح الخانات 2 و 4 و 6 للموصلات النحاسية والخانات 3 و 5 و 7 لموصلات الألومنيوم، لنفس تحميل التيار. ويكون الموصل المصنوع من الألومنيوم دائماً أكبر بدرجة في مساحة المقطع، أي أكبر بمقدار 1,6 مرة من النحاس، لأن النسبة بين قيمتي الموصلية (56÷35=1,6) تتفق مع فرق الدرجة لمساحة المقاطع الإسمية.

ج) مجموعات التحميل:

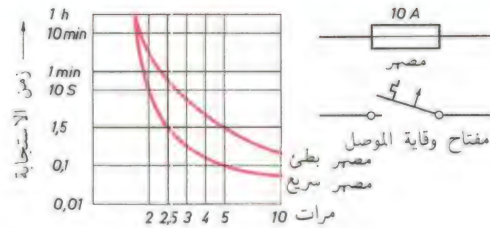
المجموعة	1	2	3
مثال: I (A)	48	65	78
S (mm ²) Cu 10 mm ²	4,8	6,5	7,8

يحدث فقد في القدرة نتيجة لمرور تيار في الموصل:

$$P_1 = \Delta U \cdot I = I^2 \cdot R_L$$

وفقد في الحرارة Q: (Ws) $Q = P \cdot t$ أو $Q = I^2 \cdot R_L \cdot t$

وقاية الموصلات الكهربائية - حساب المصاهر



يلزم وجود المصاهر السريعة والبطيئة التأثير ومفاتيح وقاية الموصلات الكهربائية لحمايتها ضد التحميل الزائد وفصل الدائرة عنها بسرعة في حالة قصر الدائرة، ويبين الجدول (٦) (المرفق بالكتاب) قيمها الإسمية. ولا تتقاء القيم الإسمية يجب مراعاة البند 41 بالتعليمات VDE 0100.

تقريبات

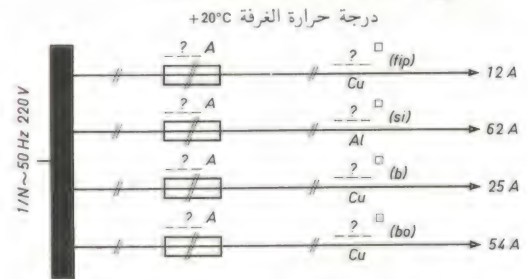
١- ٥٨ عين المساحة المستعرضة لمقاطع المصاهر للموصلات النحاسية من المجموعة 1 وقيم تحمل المصاهر عند $+20^{\circ}\text{C}$.

أ	ب	ج	د	هـ	و
13	32	24	95	18	42
?	?	?	?	?	?
?	?	?	?	?	?

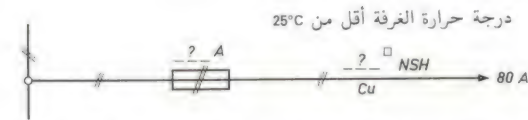
٢- ٥٨ أكمل قيم الجدول للموصلات النحاسية عند درجة حرارة الغرفة $+20^{\circ}\text{C}$.

أ	ب	ج	د	هـ	و
2,5	6	?	10	1,5	?
2	?	3	?	1	3
?	35	35	63	?	50

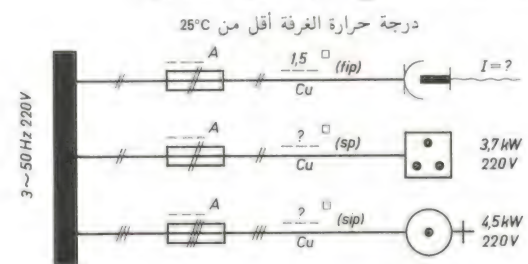
٣- ٥٨ أكمل خطة تركيب الموصلات الكهربائية بتدوين مساحة مقاطع الموصلات وتحمل المصاهر.



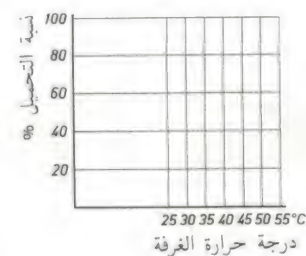
٤- ٥٨ دَوِّن في خطة تركيب الموصلات ، قيم مساحة المقاطع وتحمل المصاهر.



٥- ٥٨ أوجد لخطة تركيب التوصيلة: (أ) قيم التيار (ب) مساحات المقاطع (ج) تحمل المصاهر.



٦- ٥٨ ارسم مستعينا بقيم الجدول (٤) في البند 41 من تعليمات VDE 0100 رسماً توضيحياً على الرسم التخطيطي المعد.



٧- ٥٨ حمل موصل من النحاس من المجموعة 1 بتيار: $I=60\text{ A}$ عين مساحة المقطع ومقدار تحمل المصهر لدرجة حرارة غرفة قدرها:

(أ) $+25^{\circ}\text{C}$ (ب) $+30^{\circ}\text{C}$ (ج) $+35^{\circ}\text{C}$ (د) $+40^{\circ}\text{C}$ (هـ) $+45^{\circ}\text{C}$ (و) $+50^{\circ}\text{C}$

الحل للجزء (د):

١- مساحة المقطع عند 25°C من الجدول (٢) (بند 41 من

تعليمات VDE 0100) هي $A=16\text{ mm}^2$

٢- مقدار تحمل المصهر طبقاً للمجموعة 1 هي $I=63\text{ A}$

٣- مقدرة التحميل عند 25°C هي $I=65\text{ A}$

٤- مقدرة التحميل عند $75\%=40^{\circ}\text{C}$ من 65 A أي أن $I=48\text{ A}$

٥- المعلوم: يوجد تحميل قدره 60 A عند $+40^{\circ}\text{C}$ يسمح بتيار

48 A فقط ، أي أن المقطع صغير للغاية .

٦- يختار مقطع أكبر ويكون: $A=25\text{ mm}^2$

٧- مقدرة التحميل على التحميل عند 25°C هي $I=88\text{ A}$

٨- مقدرة التحميل على التحميل عند $75\%=40^{\circ}\text{C}$ من 88 A أي أن

$I=66\text{ A}$

٩- النتيجة: مساحة المقطع $A=25\text{ mm}^2$ كافية .

١٠- يكون المصهر مناسباً لمساحة مقطع قدرها

$A=16\text{ mm}^2$ أي يكون 63 A .

٥٨- ٨ عين مساحات مقاطع الموصلات ومقادير تحمل المصاهر تبعاً لطريقة الحل السابقة.

أ	ب	ج	د	هـ	و
85	20	100	55	22	200
30	55	35	50	45	40
2	1	1	3	3	2
Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al

٥٨- ٩ احسب كثافة التيار للموصل النحاسي إذا كانت مساحة المقطع هي:

(أ) 10 mm^2 (ب) 16 mm^2 (ج) 50 mm^2

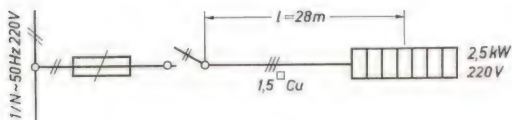
عند درجات الحرارة: (أ) 25°C (ب) 35°C (ج) 55°C

تؤخذ قيم التيار من الجدولين (٢) و (٤) في البند 41 من تعليمات VDE 0100 .

٥٨- ١٠ موصل هوائي من النحاس مقاومته $0,82\ \Omega$ ، يمر به يومياً تيار قدره 40 A لمدة $10\text{ h } 20\text{ min}$.

ما مقدار الحرارة المفقودة Q التي تنشأ عن مرور التيار في الموصل؟

٥٨- ١١ ما مقدار الحرارة المفقودة الناشئة في دائرة التيار إذا سحب الجهاز قدرة مقدارها $2,5\text{ kW}$ ، ووصل لمدة 4 h ؟

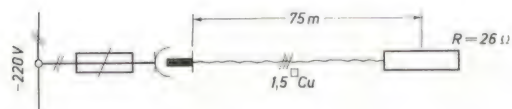


٥٨- ١٢ أوجد من البيانات المدونة على الرسم ما يلي:

(أ) مقدار هبوط الجهد المفقود في الموصل .

(ب) الجهد الواقع على المقاومة

(ج) مقدار الحرارة المفقودة Q ، بالجدول (J) ، إذا وصلت المقاومة لمدة 10 h



طبيعة فرق الجهد ΔU

وتضيع الجهود المفقودة في موصلَي الذهاب والعودة على المستهلك وهي لذلك تسمى بهبوط الجهد. ويحدث أيضا في خطوط التغذية فقد في الجهد، ففي منشآت التيار العالي لأقل من 1000 V ينشأ هبوط الجهد أساسا عن طريق مقاومة الموصل والتيار المار فيه، أي أنه الفرق الذي يمكن قياسه بين جهد الشبكة (U) وجهد الأطراف (U_{term}). لذلك فإنه يسمى فرق الجهد (ΔU):

$$\Delta U = U - U_{term} \quad V$$

تزداد ΔU كلما زادت قيمة مقاومة الموصل وكلما زاد التيار المار فيه.

$$\Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\pi \cdot A} \quad V$$

$$\Delta U = I \cdot R \quad V$$

إذا ما وجدت مساحة مقطع الموصل طبقا للتعليمات VDE 0100 يجب التحقق أيضا من اتفاقها مع الشروط الفنية للتوصيل الخاصة بشركة الكهرباء. وهذه تتطلب، ضمن أشياء أخرى، ألا يتعدى هبوط الجهد في خطوط التغذية، بين أطراف الاتصال بالشبكة وأطراف الحمل، النسب المئوية التالية (تختلف معطيات الهبوط باختلاف المكان):

- (أ) من أطراف الإتصال بالمسكن حتى العداد 0,5%
- (ب) منشآت بمصابيح متوهجة: من 1,5% إلى 2%
- (ج) منشآت ذات أجهزة تدفئة كبيرة: 3%
- (د) منشآت ذات محركات: من 4% إلى 5%

حساب ΔU لموصل يحمل واحد عند نهايته

مثال: أوجد هبوط الجهد ΔU كنسبة مئوية طبقا للبيانات الموضحة بالرسم.

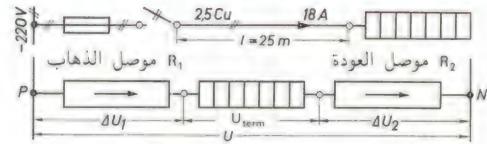
الحل: (في خط العودة) $+I \cdot R_2$ (في خط الذهاب) $+I \cdot R_1$

$$\Delta U = 2 \cdot I \cdot R = 2 \cdot I \cdot \frac{l}{\pi \cdot A} = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\pi \cdot A}$$

$$\Delta U = \frac{2 \cdot 25 \cdot 18}{56 \cdot 2,5} V \quad 220 V \approx 100\%$$

$$\Delta U = 6,25 V \quad 1 V \approx \frac{100\%}{220} = 0,455\%$$

$$6,25 V \approx 6,25 \cdot 0,455\% = 2,84\%$$



ملاحظة: يقصد بطول الموصل دائما، ما يسمى بالطول البسيط، أي البعد بين موضع الإتصال وأطراف الحمل. وفي منشآت التيار المستمر يجب وضع ضعف القيمة (موصلَي الذهاب والعودة).

حساب ΔU لخط توزيع متعدد الأحمال

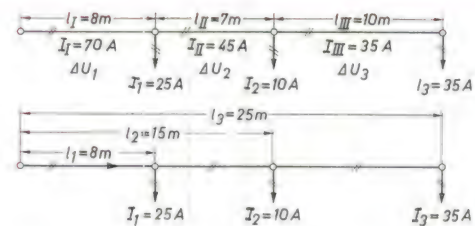
مثال: احسب هبوط الجهد ΔU من الدائرة الموضحة بالرسم طريقة الحل: «مترامير» (أطوال جزئية)

$$\Delta U = \frac{2}{\pi \cdot A} \sum I \cdot l$$

$$\Delta U = \Delta U_I + \Delta U_{II} + \Delta U_{III} = \frac{2 \cdot I_I \cdot l_I}{\pi \cdot A} + \frac{2 \cdot I_{II} \cdot l_{II}}{\pi \cdot A} + \frac{2 \cdot I_{III} \cdot l_{III}}{\pi \cdot A} = \frac{2}{\pi \cdot A} \cdot (I_I \cdot l_I + I_{II} \cdot l_{II} + I_{III} \cdot l_{III})$$

طريقة اخل: عزوم التيار (تيارات جزئية)

$$\Delta U = \frac{2}{\pi \cdot A} (I_1 \cdot l_1 + I_2 \cdot l_2 + I_3 \cdot l_3)$$



ملاحظة: تطبيق الصيغ الرياضية الأساسية على موصلات التيار المستمر وموصلات التيار المتردد ذات الأحمال غير الحثية.

الإمداد بثلاثة موصلات للتيار ثلاثي الأطوار

ذو حمل مفرد عند نهايته

$$\Delta U = \frac{I \cdot l \cdot 1,73 \cdot \cos \varphi}{\pi \cdot A}$$

شدة التيار

$$I = \frac{P}{U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi}$$

خط توزيع متعدد الأحمال (في حالة الحمل اللاحي: $\cos \varphi = 1$)

$$\Delta U = \frac{1,73 \cdot (I_1 \cdot l_1 + I_2 \cdot l_2 + \dots) \cdot \cos \varphi}{\pi \cdot A}$$

الحمل الحثي للتيار المتردد

موصل ذو حمل مفرد عند نهايته

$$\Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot l \cdot \cos \varphi}{\pi \cdot A}$$

شدة التيار

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$$

خط توزيع متعدد الأحمال (في حالة الحمل اللاحي: $\cos \varphi = 1$)

$$\Delta U = \frac{2 \cdot (I_1 \cdot l_1 + I_2 \cdot l_2 + \dots) \cdot \cos \varphi}{\pi \cdot A}$$

تمرينات

الحمل عند النهاية = الموصل ذو الحمل المفرد عند نهايته

٥٩- ١ احسب جهود الأطراف (U_{term} (V)

أ	ب	ج	د	هـ	و
220	380	110	500	230	440
1,5	3	1,2	3,6	0,6	4,5

٥٩- ٢ احسب للمسائل التالية فرق الجهد (ΔU) كنسبة مئوية .

أ	ب	ج	د	هـ	و
180	220	440	600	750	380
108	215	412	582	720	372

٥٩- ٣ احسب ΔU (V) و P_1 (W) لمنشأة تيار مستمر تستخدم خطي توصيل من موصل نحاسي ذي $\kappa = 56 \text{ Sm/mm}^2$.

أ	ب	ج	د	هـ	و
8	21	4	7	28	21
1,5	4	10	2,5	25	6
10	25	42	18	80	30

٥٩- ٤ احسب القيم الناقصة بالجدول لمنشأة تعمل بالتيار المتردد ذات تحميل لاحق وتستخدم موصلًا نحاسيًا ذا $\kappa = 56 \text{ Sm/mm}^2$.

أ	ب	ج	د	هـ	و
2,5	10	6	4	25	16
?	42	?	20	?	8,4
21	?	30	?	72	?
3	6	2,5	4	2	1,2

٥٩- ٥ احسب القيم الناقصة بالجدول لمنشأة، تعمل بالتيار ثلاثي الأطوار، تستخدم ثلاثة موصلات نحاسية ($\kappa = 56 \text{ Sm/mm}^2$) ومحملة بتوزيع متساو تحميلًا لاحقًا .

أ	ب	ج	د	هـ	و
2,5	10	6	4	25	16
?	42	20	28	21	?
21	?	30	?	72	64
3	6	?	5	?	1,2

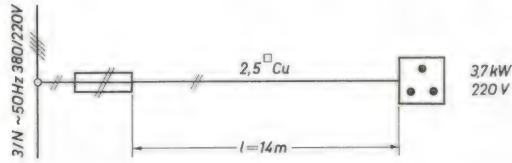
٥٩- ٦ كم أمبيراً يمكن أن ينقلها خط توصيل للتيار المستمر 220 V، ذو مقطع نحاسي 6 mm^2 ، لمسافة 28 m، عند فرق جهد 2,5%؟ قارن النتائج بالمجموعة 1 في الجدول (٢) (بند 41 من تعليمات VDE 0100) .

٥٩- ٧ كم أمبيراً يمكن أن ينقلها خط توصيل للتيار المستمر 220 V، ذو مقطع من الألومنيوم مساحته 6 mm^2 و $\kappa = 34 \text{ Sm/mm}^2$ ، عند فرق جهد 2,5%، لمسافة 28 m؟ قارن النتائج بالمجموعة 1. الجدول (٢) (بند 41 من تعليمات VDE 0100) .

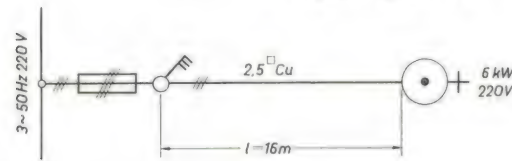
٥٩- ٨ كم أمبيراً يمكن أن ينقلها خط تغذية للتيار ثلاثي الأطوار 220 V، ذو ثلاثة موصلات، مساحة مقطع الموصل 6 mm^2 وهو مصنوع من النحاس، عند فرق جهد 2,5%

و $\cos \varphi = 1$ ، لمسافة 28 m؟ قارن النتائج بقيم المجموعة 1 الجدول (٢) (بند 41 من تعليمات VDE 0100) .

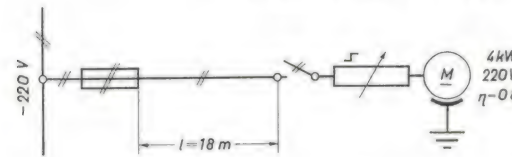
٥٩- ٩ يراد وصل موقد كهربائي صغير طبقاً للرسم التخطيطي الموضح. ما مقدار جهد الأطراف عند استخدام القدرة الكاملة للموقد؟



٥٩- ١٠ وصل مسخن مياه معطيات لوحته 220 V/6 kW على شبكة تيار ثلاثي الأطوار 220 V 3~50 Hz بموصلات نحاسية مساحة مقطع كل منها $2,5 \text{ mm}^2$ وطول كل منها 16 m. احسب: أ) جهد الأطراف (U_{term} ب) ΔU بوحدة (V) وبالنسبة المئوية ج) القدرة المفقودة P_1 .

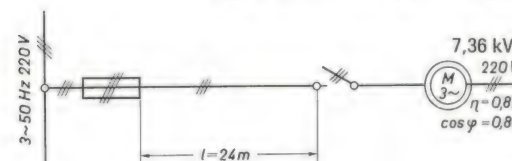


٥٩- ١١ احسب للمنشأة الموضحة بالشكل: أ) تيار المحرك ب) مساحة المقطع A (mm^2)، نحاس المجموعة 1 ج) ΔU كنسبة مئوية د) القدرة المفقودة P_1 .



٥٩- ١٢ القيم الإسمية لعضو دوار ذي حلقات انزلاق هي $\eta = 0,82$ و $\cos \varphi = 0,86$ ، وهو موصل على شبكة تيار ثلاثي الأطوار، 3~50 Hz 220 V. احسب مستعينا بالبيانات الموضحة على الرسم:

أ) التيار الإسمي للمحرك ب) مساحة مقطع الموصل النحاسي من المجموعة 1 ج) ΔU كنسبة مئوية .



٥٩- ١٣ محرك ذو عضو دوار مقصر الدائرة بالمعطيات التالية:

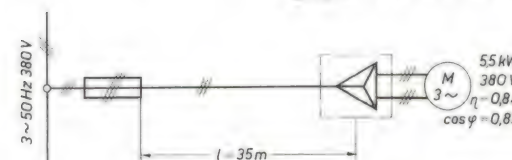
5,5 kW, 380 V; $\eta = 84\%$, $\cos \varphi = 0,83$

وصل بمفتاح نجمي / مثلثي إلى شبكة تيار ثلاثي الأطوار 3~50 Hz 380 V، عين:

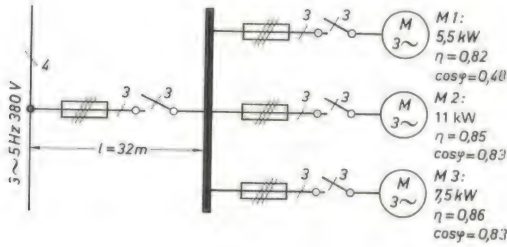
أ) مساحة مقطع الموصل النحاسي تبعا للمجموعة 1.

ب) جهد الأطراف (U_{term}) عند الحمل الإسمي

ج) مقدار تيار بدء الدوران .

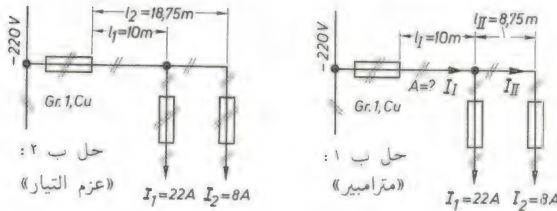


٥٩ - ٢١ منشأة كالوضحة بالرسم موصلة بتيار ثلاثي الأطوار ، احسب : (أ) التيار الاسمي للمحرك (ب) مساحة مقطع خط تغذية المحرك طبقا للمجموعة 1 من النحاس (ج) مساحة المقطع A لخط التغذية الرئيسي من النحاس طبقا للمجموعة 1 عند هبوط جهد $\Delta U = 1,5\%$



الحمل الموزع

٥٩ - ٢٢ من خطة التركيب الموضحة بالرسم ، احسب : (أ) مساحة المقطع A (mm²) لخط التوزيع المتعدد الأحمال ، (ب) النسبة المئوية للهبوط في الجهد ΔU منسوبة إلى الحمل الأخير مستعملا الطريقتين الآتيتين : (١) المتر أمبير (٢) عزوم التيار .



الحل للجزء (أ) :

$$I_1 = I_1 + I_2 = 22 \text{ A} + 8 \text{ A} = 30 \text{ A}$$

يختار موصل مساحة مقطعه : $A = 6 \text{ mm}^2$ ، نحاس من المجموعة 1

الحل للجزء (ب) :

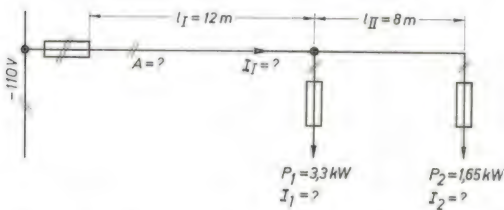
$$\Delta U = \frac{2 \cdot (I_1 \cdot l_1 + I_2 \cdot l_2)}{\gamma \cdot A} = \frac{2 \cdot (10 \cdot 30 + 8 \cdot 18.75)}{56.6} \text{ V}$$

$$\Delta U = \frac{2 \cdot (300 + 70)}{56.6} \text{ V} = 2.2 \text{ V} = 1\% \text{ من } 220 \text{ V}$$

٥٩ - ٢٣ منشأة كالوضحة بالرسم موصلة بأسلاك من النحاس طبقا للمجموعة 1 . احسب :

(أ) مساحة المقطع A (mm²)

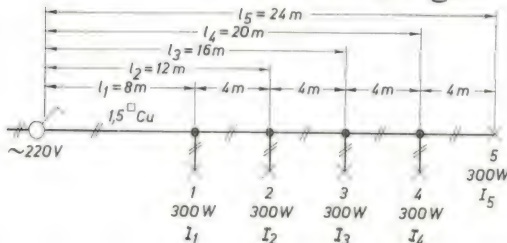
(ب) الهبوط في الجهد ΔU بالفولط وبالنسبة المئوية .



٥٩ - ٢٤ احسب مقدار الجهد U₀ على المصباح الأخير بخطة

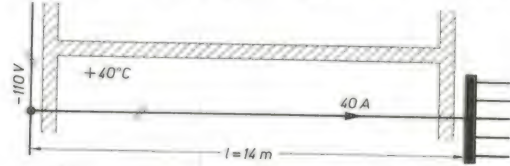
التركيب الموضحة إذا وصلت : (أ) جميع المصابيح

(ب) المصابيح 1 و 3 و 5 فقط ؟



٥٩ - ١٤ مد خط توصيل للتيار المستمر 110V من نحاس من المجموعة 1 ومحمل بتيار 40A خلال أماكن تشغيل تبلغ درجة الحرارة المتوسطة المحيطة بها +40°C .

احسب : (أ) مساحة مقطع الموصل طبقا لجدول (2) (ب) مقدرة الموصل على التحميل طبقا لجدول (4) (ج) احكم على اختيار مساحة مقطع الموصل وغيره إذا لزم الأمر .



٥٩ - ١٥ مد خط توصيل تيار مستمر 220V من الألومنيوم $\alpha = 34 \text{ Sm/mm}^2$ من المجموعة 2 ، ويبعد عن موضع الاتصال مسافة 21m ومحمل بقدرة 14.3 kW ويمر في مجال تشغيل ذي درجة حرارة قدرها +35°C . احسب :

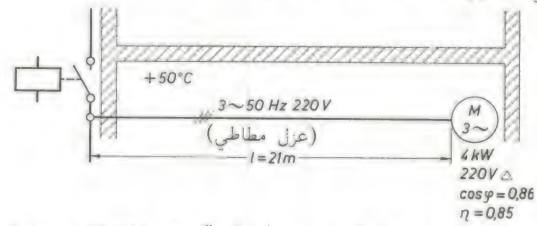
(أ) مساحة المقطع A (mm²)

(ب) هبوط الجهد ΔU كنسبة مئوية .

٥٩ - ١٦ خط توصيل نحاسي من المجموعة 1 ممتد طبقا لمعطيات خطة تركيب خط التوصيل . احسب :

(أ) مساحة المقطع A (mm²)

(ب) هبوط الجهد ΔU كنسبة مئوية .



٥٩ - ١٧ وصل فرن معاملات حرارية قدرته 15 kW بوحدة تيار ثلاثي الأطوار 3~50 Hz 500 V وعلى بعد 35 m منها .

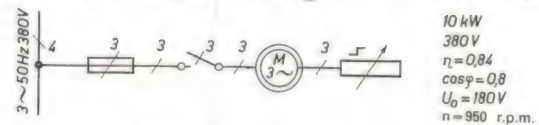
احسب : (أ) مساحة مقطع النحاس من المجموعة 1 إذا كانت درجة حرارة الغرفة +40°C (ب) هبوط الجهد ΔU كنسبة مئوية . (ج) الفقد في القدرة كنسبة مئوية .

٥٩ - ١٨ خط تغذية محرك من النحاس مساحة مقطعه 10 mm² وطوله 35 m ينقل قدرة قدرها 9.5 kW عند $\cos\phi = 0.85$ ، وجهد متردد 220V .

احسب الفقد في القدرة بالواط (W) في الخط وبالنسبة المئوية .

٥٩ - ١٩ محرك تيار ثلاثي الأطوار ذو عضو دوار بحلقات انزلاق ، له القيم الاسمية المعطاة في خط التركيب . لف العضو الدوار لطورين اثنين ، وبلغ جهد السكون للعضو الدوار 180V .

فإذا أريد مد خط توصيل من نحاس المجموعة 2 احسب مستعينا ببيانات الرسم : (أ) مساحة مقطع خط التغذية للمحرك (ب) مساحة مقطع خط التوصيل لبداي التشغيل .



٥٩ - ٢٠ محرك ذو حلقات انزلاق 14.7 kW و $\cos\phi = 0.86$

و $\eta = 0.82$ موصل على تيار ثلاثي الأطوار 3~50 Hz/380V .

اوجد : (أ) مساحة مقطع خط التغذية للمحرك من النحاس طبقا للمجموعة 2 ، عند هبوط جهد قدره 4% وطول l=42m

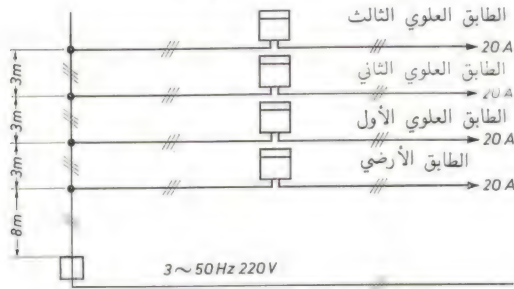
(ب) مساحة مقطع خط تغذية لبداي تشغيل عضو دوار ثلاثي الأطوار (U₀=190V) طبقا للمجموعة 2 نحاس .

ب) مساحة المقطع الاسمية لخط التغذية عند هبوط جهد $\Delta U \leq 5\%$

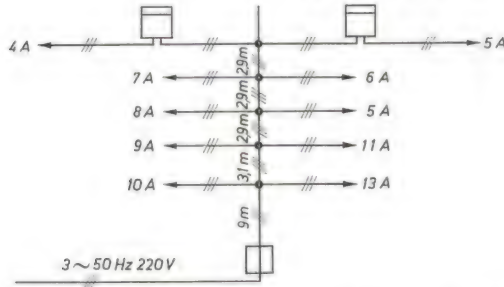
ج) مساحة المقطع لموصلات المحركات الأربعة طبقاً للمجموعة 2 نحاس .

خطوط التوصيل ذات الأحمال الموزعة

٥٩ - ٢٩ احسب هبوط الجهد ΔU كنسبة مئوية لعداد الطابق العلوي الثالث في خط التوصيل الموزع للأحمال الموضح بالرسم إذا كانت مساحة مقطعه 3.25 mm^2 علماً بأن جميع الاستخدامات المنزلية تسحب تياراً عبر العداد قدره 20 A .

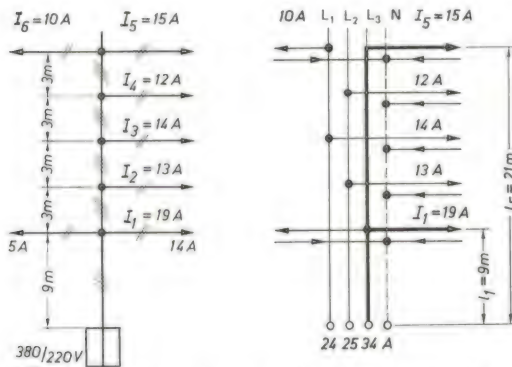


٥٩ - ٣٠ يوضح الرسم خط توصيل ذو أحمال موزعة لمسكن مزدوج ذي خمسة طوابق. احسب مستعينا بمعطيات خطة التركيب الموضحة بالرسم : هبوط الجهد ΔU كنسبة مئوية منسوباً إلى الحمل الموجود عند نهاية الخط .



٥٩ - ٣١ خصص خط توصيل أحمال موزعة، ذو أربعة موصلات من النحاس مساحة مقطعه 4.10 mm^2 للتغذية بالتيار ثلاثي الأطوار $380/220 \text{ V}$ $3/N \sim 50 \text{ Hz}$ احسب : هبوط الجهد ΔU كنسبة مئوية منسوباً إلى الحمل الأخير لكل من الموصلات :

(أ) L_1 (ب) L_2 (ج) L_3



٥٩ - ٣٢ احسب هبوط الجهد ΔU ، لخطوط التوصيل الموزعة في المسألة السابقة، للتيار ثلاثي الأطوار $(\Delta U = \frac{1.73 \Sigma I \cdot l}{\kappa \cdot A})$

(أ) بالفلوط (ب) كنسبة مئوية منسوباً إلى الجهد $U = 380 \text{ V}$ ملاحظة : لحساب عزوم التيارات، أقسم القيم I_1 حتى I_6 على 3.

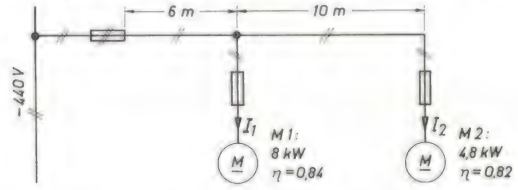
٥٩ - ٢٥ محركان موصلان كما هو موضح بالرسم بموصلات من الألومنيوم، ذات مقاطع ثابتة طبقاً للمجموعة 2 احسب :

(أ) التيارين الإسميين للمحركين I_1 و I_2 والتيار الكلي I .

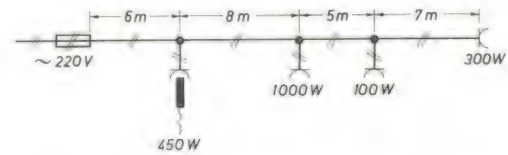
(ب) مساحة المقطع A لخط التغذية .

(ج) جهد الأطراف U_2 على المحرك 2 إذا شغل المحركان مجليهما الإسميين .

(د) جهد الأطراف U_1 على المحرك 1 إذا فصل المحرك 2.



٥٩ - ٢٦ احسب مقدار الجهد U للحمل الموصل عند نهاية الخط بخطة التركيب الموضحة بالرسم .



٥٩ - ٢٧ المطلوب تنفيذ خطة التركيب الموضحة بالرسم لأربعة أفران تسخين قدرة كل منها 6 kW، متصلة بتيار ثلاثي الأطوار عن طريق موصل رئيسي من النحاس طبقاً للمجموعة 1. احسب :

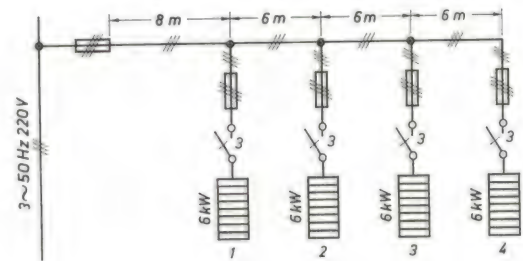
(أ) التيار المسحوب بالفرن

(ب) التيار في خط التغذية البالغ طوله 8 m

(ج) مساحة المقطع لدرجة حرارة 20°C . ثم احسب الجهد U_4 عند الحمل الأخير إذا :

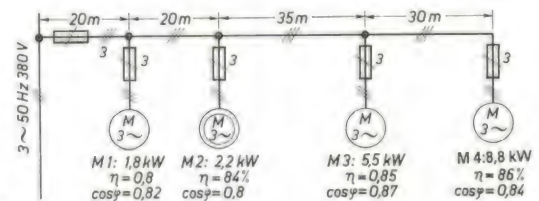
(١) وصلت جميع الأفران بحمل كامل

(٢) شغل الفرن 1 و 4 فقط .



٥٩ - ٢٨ إذا كانت موصلات مجموعة محركات ذات مقطع ثابت ومصنوعة من نحاس طبقاً للمجموعة 2. احسب :

(أ) تيارات المحركات عند الحمل الكامل والتيار الكلي I



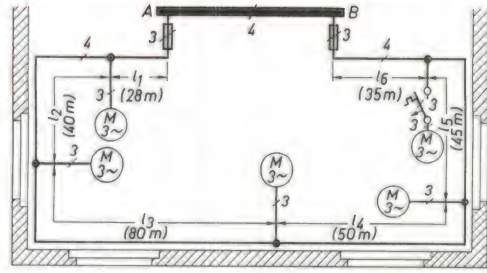
خط التوصيل الحلقي هو خط توصيل رئيسي مقفل ويغذى من الجانبين (A و B) ومميزاته هي :

(أ) مقاطع أصغر للموصلات ، مما يعطي توفيراً في الخامات .

(ب) هبوط الجهد أقل مما هو في خط توصيل مفتوح مساو له في مساحة المقطع .

(ج) فقد قدرة أقل مما هو في خطوط التوصيل المغذاة من جانب واحد .

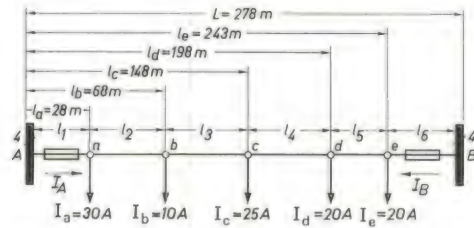
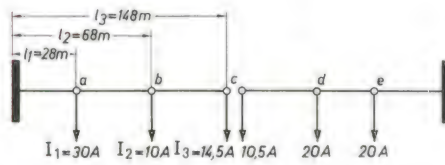
(د) أمان أكبر في التغذية بالكهرباء .



توزيع التيار — نقطة انعكاس التيار — تعيين مساحة المقطع

مثال : يراد توصيل خمسة محركات تيار ثلاثي الأطوار (انظر الشكل) على شبكة التيار ثلاثي الأطوار ، 380 V ، عن طريق خط توصيل حلقي من النحاس طبقاً للمجموعة 2 ، إذا كان متوسط معامل القدرة : $\cos \phi = 0,85$. احسب مساحة المقطع A لخط التوصيل الحلقي ، عند هبوط جهد $\Delta U = 3\%$.

طريقة الحل :



(هـ) تعيين مساحة مقطع خط التوصيل الحلقي :
تستنتج مساحة المقطع من صيغ ΔU الرياضية التالية للموزع :

١ - هبوط الجهد ΔU للتيار المستمر :

$$\Delta U = \frac{2}{\kappa \cdot A} \cdot \sum I \cdot l$$

٢ - هبوط الجهد ΔU للحمل الحثي للتيار المتردد :

$$\Delta U = \frac{2 \cdot (l_1 \cdot I_1 + l_2 \cdot I_2 + \dots) \cdot \cos \phi}{\kappa \cdot A}$$

٣ - هبوط الجهد ΔU للحمل الحثي للتيار ثلاثي الأطوار :

$$\Delta U = \frac{1,73 \cdot (l_1 \cdot I_1 + l_2 \cdot I_2 + \dots) \cdot \cos \phi}{\kappa \cdot A}$$

في الأحمال غير الحثية ، نعوض عن قيمة $\cos \phi$ في الصيغ الرياضية بالقيمة العددية 1 .

(و) نقطة انعكاس التيار عند نقطة التفرع c

$$\Delta U = \frac{1,73 \cdot (l_1 \cdot I_1 + l_2 \cdot I_2 + l_3 \cdot I_3) \cdot \cos \phi}{\kappa \cdot A}$$

$$A = \frac{1,73 \cdot (l_1 \cdot I_1 + l_2 \cdot I_2 + l_3 \cdot I_3) \cdot \cos \phi}{\kappa \cdot \Delta U}$$

$$A = \frac{1,73 \cdot (28 \cdot 30 + 68 \cdot 10 + 148 \cdot 14,5) \cdot 0,85}{56 \cdot 11,4}$$

$$A = \frac{5390}{638,4} = 8,7 \text{ mm}^2 ; A = 10 \text{ mm}^2$$

يجب التوصيل بموصل من النحاس مساحة مقطعه طبقاً للمجموعة 2 من تعليمات VDE 0100 ويمكن تحميله بتيار 65 A كما يجب تأمينه ضد تيار 63 A .

(أ) التيار الكلي في خط التوصيل المقفل :

$$I = I_a + I_b + I_c + I_d + I_e$$

$$I = (30 + 10 + 25 + 20 + 20) \text{ A} = 105 \text{ A}$$

(ب) طول خط التوصيل الحلقي :

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6$$

$$L = (28 + 40 + 80 + 50 + 45 + 35) \text{ m} = 278 \text{ m}$$

(ج) مقادير تيار التغذية I_A و I_B : شدة التيار I_B المار في B في خط التوصيل الحلقي ، وشدة التيار I_A المار في A في خط التوصيل الحلقي :

$$I_A = \frac{\sum I \cdot l}{L}$$

محسوبا من
النقطة B

$$I_B = \frac{\sum I \cdot l}{L}$$

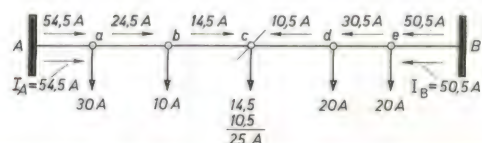
محسوبا من
النقطة A

$$I_B = \frac{l_a \cdot I_a + l_b \cdot I_b + l_c \cdot I_c + l_d \cdot I_d + l_e \cdot I_e}{L}$$

$$I_B = \frac{(840 + 680 + 3700 + 3960 + 4860)}{278} \text{ A}$$

$$I_B = 50,5 \text{ A} ; I_A = 105 \text{ A} - 50,5 \text{ A} = 54,5 \text{ A}$$

(د) توزيع التيار ، نقطة انعكاس التيار .



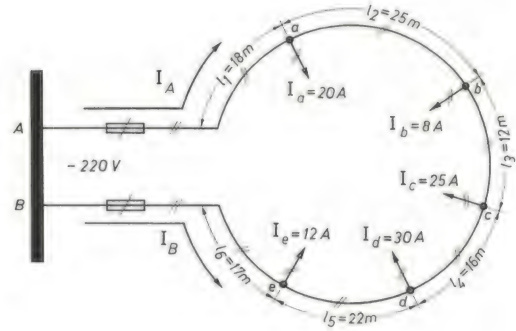
تمرينات

١-٦٠ يراد توصيل منشأة كهربائية بواسطة خط توصيل حلقي على شبكة تيار مستمر 220 V (أنظر الشكل التخطيطي)

(أ) احسب قيم التيار المغذي من نقطتي التغذية A و B

(ب) أين تقع نقطة انعكاس التيار؟

(ج) بأي قدر من التيار تغذي «نقطة انعكاس التيار»؟



٢-٦٠ لأسباب تتعلق بالأمان، يراد تركيب خط توصيل المقابس لورشة ميكانيكية كخط توصيل حلقي، وتم التوصيل بموصلات نحاسية طبقاً للمجموعة 2. فإذا كانت الأحمال الفعالة البحتة هي الموضحة في الشكل التخطيطي وبلغ فرق الجهد ΔU المسموح به 2% من جهد الشبكة. أوجد:

(أ) قيم التيار المغذية من A و B.

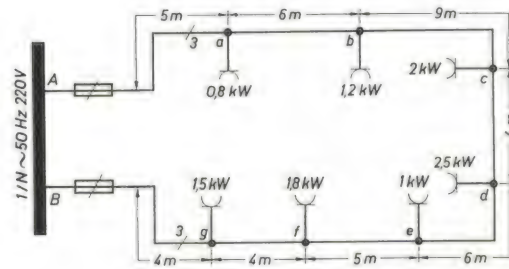
(ب) عند أي نقطة يتصور قطع خط التوصيل؟

(ج) مساحة المقطع المستعرض الذي يجب استخدامه في

التوصيل، عند أخذ قيم ΔU في الاعتبار؟

(د) بكم أمبير يلزم تأمين خط التوصيل الحلقي؟

(هـ) مقدار الفقد في القدرة بخط التوصيل.



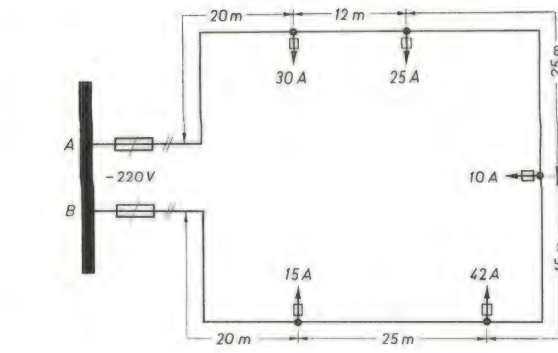
٣-٦٠ يراد حساب خط التوصيل الحلقي المزدوج الموصلات للتيار المستمر الموضح بالشكل، عند جهد شبكة قدره: $U=220V$ بفرض وصل 80% من الأحمال في وقت واحد على ألا يتعدى فرق الجهد ΔU نسبة 4% من جهد الشبكة.

احسب:

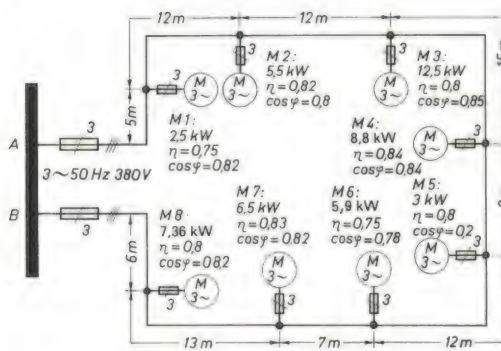
(أ) مساحة مقطع الموصل النحاسي من المجموعة 1 المستخدم في التوصيل.

(ب) بكم أمبير يلزم تأمين خط التوصيل الحلقي؟

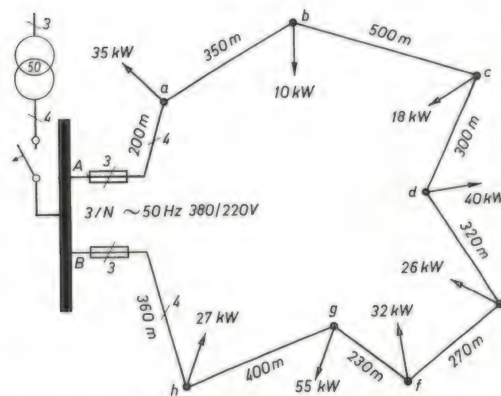
(ج) مقدار التأمين لخطوط التغذية المنفردة للمحركات إذا كانت من نحاس المجموعة 2.



٤-٦٠ يراد توصيل 8 محركات ثلاثية الأطوار في مصنع (انظر الرسم التخطيطي) على شبكة التيار ثلاثي الأطوار، 380 V، بواسطة خط توصيل حلقي. احسب مساحة مقطع خط التوصيل للتيار ثلاثي الأطوار، طبقاً للمجموعة 2 نحاس بحيث لا يسمح لهبوط الجهد ΔU أن يتجاوز القيمة 5%، إذا علمت أنه أخذ كأساس لمجموعة المحركات الكلية معامل قدرة متوسط $\cos \varphi = 82\%$ ومعامل تزامن التحميل (تشغيل في آن واحد) قدره 80%.



٥-٦٠ يراد توصيل الشبكة الموضحة في الرسم التخطيطي وتعمل على: 3/N ~ 50 Hz 380/220 V، كشبكة حلقية من خط هوائي لنقل القدرة. يجب أخذ القيم التالية كأساس للحساب: معامل القدرة المتوسط $\cos \varphi = 0.85$ ، هبوط الجهد $\Delta U = 5\%$ (من 380 V)، معامل تزامن التحميل = 75% ومعادن الموصل من النحاس. ما هي مساحة المقطع المطلوبة لخط التوصيل الحلقي إذا حملت الموصلات الخارجية الثلاثة تحميلاً متساوياً؟



تحوّل مصادر الضوء الكهربائية الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية . والطاقة الضوئية هي إشعاعات كهرومغناطيسية تنتشر على شكل موجات بسرعة قدرها 300 000 km/s . وتشعر العين بالطاقة المتذبذبة من الطيف الكلي للإشعاع الكهرومغناطيسي في مجال الترددات من $4 \cdot 10^{14}$ Hz إلى $7,9 \cdot 10^{14}$ Hz ، كأشعة ضوئية يناظر كل لون ضوئي منها ترددا معينا ، ويعطي خليط الترددات (الطيف) ، لون الضوء الأبيض .

اللون	بنفسجي	أزرق	أخضر	أصفر	برتقالي	أحمر
التردد Hz	$7,9 \cdot 10^{14}$	$6,82 \cdot 10^{14}$	$6 \cdot 10^{14}$	$5,35 \cdot 10^{14}$	$5 \cdot 10^{14}$	$4,62 \cdot 10^{14}$
						$4 \cdot 10^{14}$

الكميات الأساسية في هندسة الإضاءة: التدفق الضوئي - كفاية مصدر الإضاءة

١ - التدفق الضوئي Φ

تسمى قدرة الأشعة المرئية، الصادرة من مصدر إضاءة، والمرسلة في جميع الاتجاهات بالتدفق الضوئي ويقاس باللومن (lm) .
 $1 \text{ lm} =$ التدفق الضوئي الذي ينبعث من مصدر إضاءة على شكل نقطة، شدة إضاءته شمعة واحدة (كانديلا) 1cd ، بانتظام في جميع الاتجاهات بزاوية إشعاع فراغية 1sr . ويختلف عدد اللومنات تبعا لنوع وحجم مصدر الإضاءة (انظر الجدول بصفحة ١٤٩)

٢ - كفاية مصدر الإضاءة

يحكم على مدى اقتصادية مصدر الإضاءة الكهربائي تبعا لمقدار اللومنات المولدة من كل واط واحد . وتسمى هذه القيمة بكفاية مصدر الإضاءة η_L :

$$\eta_L = \frac{\text{التدفق الضوئي (lm)}}{\text{القدرة الكهربائية (W)}} = \frac{\Phi}{P}$$

كفاية الإضاءة - شدة الإضاءة - تخطيط نظم الإضاءة

نوع الإضاءة

شدة الإضاءة التي يوصى بها للغرف الداخلية :

الإضاءة المطلوبة	نوع العمل	E (lx)	مثال
بسيطة جدا	-	30	الأقبية ، الدهاليز ، دورات المياه ، حجرات التخزين ، الدرج ، الحمامات
بسيطة	غير دقيق	60	حجرات المعيشة ، المطابخ ، صالات البيع .
متوسطة	متوسط الدقة	120	قاعات الدراسة ، وقاعات المكاتب والحياة
عالية	دقيق	250	صالات الرسم
عالية جدا	دقيق جدا	600	

غير مباشر	منتظم	مباشر	توزيع الإضاءة من السقف إلى الأرضية		
			أسطح الغرفة		
معتمة ساطعة	معتمة ساطعة	معتمة ساطعة	غرف كبيرة منخفضة السقف		
0,30	0,15	0,38	0,25	0,5	0,45
0,20	0,10	0,30	0,20	0,45	0,4
					غرف صغيرة عالية السقف

على عدد اللومنات لكل m^2 . ويعرف الناتج بشدة الإضاءة (الإستضاءة) E . وتقاس باللوكس (lx) . وتساوي شدة الإضاءة 1lx إذا أضيئت المساحة $A=1 \text{ m}^2$ من التدفق الضوئي $\Phi=1 \text{ lm}$.

شدة الإضاءة (الإستضاءة) :

$$E = \frac{\text{التدفق الضوئي المستفاد}}{\text{المساحة المضاءة}} = \frac{\Phi_1 \cdot \eta}{A}$$

٥ - تخطيط الإضاءة

يتوقف تخطيط الإضاءة على تحديد عدد وحجم وتوزيع مصادر الإضاءة . وتستخدم في هذا الشأن القيم الموصى بها في المواصفات DIN 5053 .

٣ - كفاية الإضاءة

يستفاد بجزء فقط من التدفق الضوئي على السطوح المراد إضاءتها ، إذ تضاء السطوح المحيطة بالمكان المراد إضاءته وبالتالي فهي تمتص وتعاكس جزءا من الأشعة الضوئية ، فينقص التدفق الضوئي المستفاد Φ_2 عن التدفق الضوئي المتولد Φ_1 بمقدار حاصل جمع المفقودات L .

$$\Phi_2 = \Phi_1 - L$$

$$\eta = \frac{\Phi_2}{\Phi_1}$$

٤ - شدة الإضاءة

بقسمة التدفق الضوئي المستفاد على المساحة المضاءة ، نحصل

تقريبات

٦١-١ احسب طول موجة الأشعة الضوئية الخضراء بواسطة الصيغة الرياضية التالية :

طول الموجة (mm) = $\frac{300\,000\,000\,000\text{mm/s}}{f}$ إذا كان التردد f للأشعة الضوئية الخضراء = $5.7 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$.

٦١-٢ ما هو مدى أطوال الموجات المناظرة للأشعة الضوئية الحمراء والزرقاء باستخدام العلاقة السابقة؟

٦١-٣ من معطيات جدول التدفق الضوئي للمصابيح المتوهجة ذات الفتيلة البسيطة : (أ) 40 W (ب) 60 W (ج) 100 W (د) 300 W (هـ) 500 W (و) 1000 W ، احسب كفاءة مصدر الإضاءة (lm/W) . ارسم منحنيًا بيانيًا : أفقياً ، قيمة الحمل $1\text{ mm} \approx 10\text{ W}$ ، ورأسياً $2\text{ lm/W} \approx 1\text{ mm}$.

٦١-٤ احسب بواسطة جدول التدفق الضوئي (القيم المتوسطة) كفاءة مصدر الإضاءة للمصابيح الفلورية : (أ) 10 W (ب) 16 W (ج) 20 W (د) 25 W (هـ) 40 W (و) 65 W .

التدفق الضوئي والقدرة المأخوذة

التدفق الضوئي (lm)	مصدر الإضاءة	التدفق الضوئي (lm)	مصدر الإضاءة
400	40 W	120	ملء
730	60 W	220	بالهواء
950	75 W	320	ملء
1380	100 W	610	بالغاز
		800	"
350... 400	10 W	1 250	"
680... 780	16 W	2 100	"
750... 950	20 W	2 950	"
1100...1300	25 W	4 800	"
1600...1850	40 W	8 300	"
4 000	65 W	18 500	"

٦١-٥ احسب شدة الإضاءة E .

المكان	أ	ب	ج
السطح (m ²) المستخدم	قاعة	مطبخ	مكان تخزين
الكفاءة	75	16	30
التدفق الضوئي Φ_1 (لومن)	0,35	40%	0,35
	18 000	1250	8 000

المكان	د	هـ	و
السطح (m ²) المستخدم	غرفة معيشة	ممر	ورشة
الكفاءة	20	150	80
التدفق الضوئي Φ_1 (لومن)	0,3	25%	0,2
	3 600	18 000	24 000

(السطح المستخدم = المساحة المضاءة على ارتفاع متر واحد فوق الأرضية) .

٦١-٦ أضيء سطح كبير مساحته 3 m² بواسطة مصباح فلوري 1200 lm بكفاءة 25% .

احسب : (أ) شدة الإضاءة ب) القدرة المستخدمة بالواط لكل m² من السطح المستخدم ، إذا بلغت قيمة الحمل للمصباح 31 W .

٦١-٧ يراد الحصول على إضاءة عامة شدتها 120 lx بكفاءة 25% ، لورشة ميكانيكية كبيرة مساحتها 150 m² فخصصت لذلك مصابيح فلورية ذات 1800 lm و 40 W احسب :

(أ) عدد المصابيح ب) القدرة المطلوبة بالواط لكل m² من السطح المستخدم .

٦١-٨ يراد إضاءة صالة حيابة ، ذات سطح مستخدم مساحته 300 m² ، بشدة إضاءة 400 lx وبكفاءة 30% . والمطلوب وضع تخطيط لنظام الإضاءة : (أ) بمصابيح متوهجة 220 V/1000 W (ب) بمصابيح فلورية 220 V/65 W . احسب في كل حالة : ١- عدد المصابيح ٢- قيمة الحمل للمجموعة بالكيلوواط ٣- الواط لكل m² ٤- شدة التيار في خط التغذية .

٦١-٩ تضاء حجرة مكتب كبيرة مساحتها 80 m² حالياً بواسطة 8 مصابيح متوهجة 200 W بكفاءة 40% . ويراد استبدال مجموعة الإضاءة بمصابيح فلورية 40 W بنفس قيمة الحمل الحالية . احسب شدة الإضاءة : (أ) قبل الاستبدال ب) بعد استبدال مجموعة الإضاءة .

٦١-١٠ يراد إضاءة ورشة أجهزة لاسلكية ، ذات سطح مستخدم مساحته 50 m² ، بشدة إضاءة 500 lx وبكفاءة 40% بواسطة مصابيح فلورية 220 V/65 W .

احسب : (أ) عدد المصابيح اللازمة ب) ما قيمة الحمل بالكيلوواط ؟

٦١-١١ يراد إضاءة صالة تجميع كبيرة ، ذات سطح مستخدم 20 m × 80 m ، بمصابيح فلورية ، بحيث تكون شدة الإضاءة كافية للقيام بالعمل الدقيق بالصالة . (أ) ما هي الكفاءة التي يجب اختيارها للإضاءة المباشرة ؟ ب) ما هي شدة الإضاءة المطلوبة ؟ ج) كم مصباحاً فلورياً 220 V/65 W يجب تركيبه .

٦١-١٢ احسب باستخدام قيم الجدول (صفحتي ١٤٨ ، ١٤٩) العدد اللازم من المصابيح الفلورية 40 W لإضاءة حجرة دراسة كبيرة أبعادها 8 m × 16 m ذات سطوح محيطية زاهية اللون بإضاءة منتظمة قدر الإمكان .

٦١-١٣ طلبت إضاءة ذات تأثير مباشر فوق منضدة عمل ، لعمل عالي الدقة ، تضيء بكفاءة افتراضية قدرها 0,4 مساحة الشغل الكبيرة البالغة 2,5 m² بشدة إضاءة 1000 lx .

احسب : (أ) عدد المصابيح الفلورية من نمط 220 V/40 W التي يلزم تركيبها ب) الاستهلاك بالواط لكل m² من سطح المنضدة ؟

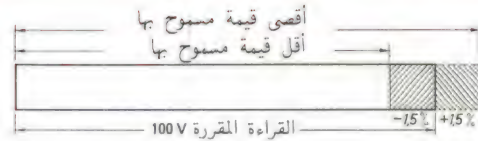
٦١-١٤ زودت غرفة معيشة ، ذات مساحة أرضية قدرها 32 m² وذات سقف أبيض وجدران فاتحة اللون بثمانية مصابيح متوهجة ذات فتيلة مزدوجة 220 V/40 W (D) .

(أ) احسب شدة الإضاءة المتوسطة (lx) E ب) هل شدة الإضاءة كافية ؟

٦١-١٥ يضاء دهليز مسكن طوله 10 m وعرضه 2 m بكفاءة 0,35 ، بمصابيح متوهجة ذات فتيلة مزدوجة 220 V/40 W (D) . (أ) ما مقدار شدة الإضاءة ؟ ب) كم مصباحاً متوهجاً 60 W يلزم تركيبها للحصول على شدة الإضاءة الموصى بها ؟

دقة القياس — خطأ القياس

ملاحظة: للحصول على قياسات دقيقة، يختار مجال القياس، بحيث تقع القراءة في الثلث الأخير من التدرج (أكبر زاوية تدرج).



التقسيم طبقا لرتبة أجهزة القياس الكهربائية : VDE 0140

أجهزة القياس الدقيقة

0,1 0,2 0,5

الرتبة

±0,1% ±0,2% ±0,5%

خطأ القياس

أجهزة القياس العملية بالورشة

1 1,5 2,5 5

الرتبة

±1% ±1,5% ±2,5% ±5%

خطأ القياس

تقسم رتب أجهزة القياس وفقا لدقتها إلى سبع درجات. وتضاف النسبة المئوية لخطأ القراءة، المنتمية إلى رتبة ما، إلى القيمة النهائية لدقة القياس (الانحراف التام). وعلى ذلك تزداد دقة القياس كلما استقر المؤشر عند زاوية تدرج أكبر. ويكون خطأ القراءة في وسط مجال القياس مساويا لضعف الرتبة المعطاة لجهاز القياس.

زيادة مدى القياس باستخدام المقاومات

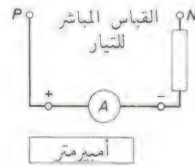
التوالي، $R_{oh} =$ المقاومة الخصائية لجهاز القياس، بالأوم لكل فولت (Ω/V) و $U =$ مجال قياس الجهد.

I_i و U_i و $R_i =$ قيم مجموعة القياس، عند وضع المؤشر على قيمة نهاية التدرج، $I_p = I - I_i =$ تيار السكون خلال مجرى التيار

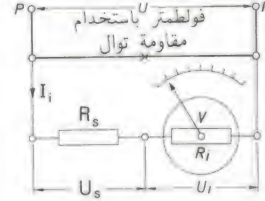
يمكن إيجاد القيم الكهربائية المميزة لمجموعة القياس باستخدام قانون أوم، لأن مجموعة القياس في الأميتر والفولتметр، ذات مقاومة داخلية قدرها R_i ، تحتاج إلى تيار القياس I_i ، وإلى جهد مجموعة القياس U_i للانحراف التام إلى قيمة نهاية



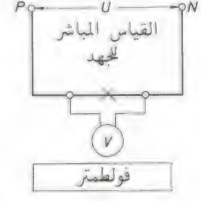
أميتر باستخدام مقاومة تواز



أميتر



فولتметр باستخدام مقاومة تواز



فولتметр

(مقاومة التوازي) $R_p = I$ مجال قياس التيار المرغوب فيه و $P_p =$ مقدرة التحميل للمقاومة R_p ، عندما يكون: $I_i \gg I$ أكبر كثيرا من I_i)

التدرج. ويزاد مجال القياس، بواسطة مقاومات توال أو مجزئات تيار توصل بمجموعة القياس. I_i و U_i و $R_i =$ قيم مجموعة القياس عند وضع المؤشر على قيمة التدرج، $U_s =$ هبوط الجهد على مقاومة التوالي عند I_i و $R_s =$ مقاومة

$$P_p = I^2 \cdot R_p$$

$$\frac{R_p}{R_i} = \frac{I_i}{I_p}$$

$$R_p = \frac{U_i}{I_p}$$

$$R_s = R_{oh} \cdot U - R_i$$

$$R_s = R_{oh} (U - U_i)$$

$$R_s = \frac{U_s}{I_i}$$

محولات القياس

هي محولات ذات نسب تحويل دقيقة. وتسمى نسبة التحويل بها «ثابت المحول». وتحسب نتيجة القياس بضرب قيمة القراءة (قيمة القياس) في ثابت المحول.

مثال: إذا بين أميتر مجال قياسه

5A، موصل على محول قياس

50/5، القراءة 3A، ما مقدار

نتيجة القياس؟

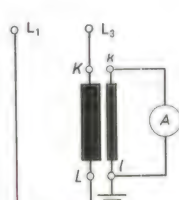
الثابت: $\frac{50}{5} = 10$

نتيجة القياس:

الثابت \times قيمة القراءة

$$I = 10 \cdot 3 A = 30 A$$

محول قياس التيار



مثال: إذا بين فولتметр مجال قياسه

100 V، موصل على محول قياس

6000/100، القراءة 80 V، ما مقدار

نتيجة القياس؟

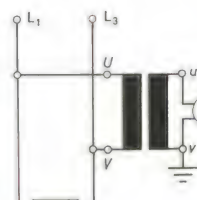
الثابت: $\frac{6000}{100} = 60$

نتيجة القياس:

الثابت \times قيمة القراءة

$$U = 60 \cdot 80 V = 4800 V$$

محول قياس الجهد



تريينات :

٦٢- ١ ثولطومتر مجال قياسه 100 V ورتبته 1,5. احسب :
(أ) خطأ القياس بالفولط (V) (ب) أكبر قراءة وأصغر قراءة
مسموح بها لجهد قدره 100 V (ج) الخطأ النسبي (في المائة)
لقيمة قراءة مقررة قدرها 15 V .

الحل :

(أ) $\pm 1,5\% \pm 1,5 V = 100 V$

(ب) $100 V + 1,5 V = 101,5 V$

$100 V - 1,5 V = 98,5 V$

(ج) $1,5 V$ بالنسبة إلى $15 V \approx \frac{1}{10} = 10\%$

الخطأ النسبي عند $15 V = \pm 10\%$

٦٢- ٢ يبين أمبيرمتر مجال قياسه 6 A القراءة 5,9 A كقيمة فعلية بينما يعطي جهاز المعايرة المستخدم في نفس الوقت 6 A كقيمة حقيقية. عين لهذا الخطأ في القراءة: (أ) النسبة المئوية من القيمة النهائية لمجال القياس (ب) هل الخطأ سالب أم موجب؟

٦٢- ٣ احسب أكبر خطأ محتمل في القراءة والنسبة المئوية للخطأ منسوباً إلى قيمة القياس المعطاة بالجدول .

الرتبة	أ	ب	ج	د	هـ	و
مجال القياس	0,1 A	0,2 V	0,5 V	250 V	5 A	10 A
قيمة القياس	0,45 A	3,5 V	130 V	85 V	5 A	7,8 A

٦٢- ٤ احسب لثولطومتر رتبته 1,5 ومجال قياسه 400 V :

(أ) الخطأ المسموح به في القراءة بالفولط (V) منسوباً إلى القيمة النهائية لمدى القياس .

(ب) خطأ القراءة المسموح به في المائة منسوباً إلى قيم التدرج :

$200 V - 1$ $100 V - 2$ $50 V - 3$

$25 V - 4$ $12,5 V - 5$ $6,25 V - 6$

دوّن أخطاء القراءة المحسوبة في الجزء (ب) بقياس الرسم $1 mm \approx 1\%$ ، على التدرج المحتوي على 400 قسم تدرج (مقياس الرسم : 0,5 قسم تدرج $\approx 1 mm$) . أرسم المنحنى ، وبيّن رأيك فيه .

٦٢- ٥ يلزم للانحراف التام بملي أمبيرمتر ذي مقاومة داخلية $R_i = 60 \Omega$ ، تيار $I_i = 2 mA$. ويراد بواسطة مجزّات تيار زيادة مجال القياس إلى : (أ) 0,1 A (ب) 0,6 A (ج) 2,5 A (د) 10 A (هـ) 40 A .

ارسم دائرة التوازي ودوّن قيم الحساب ثم احسب مقادير المقاومات .

٦٢- ٦ يلزم تيار شدته 2 mA عند جهد قدره 30 mV للانحراف التام لمجموعة القياس بثولطومتر . ويراد زيادة مجال القياس إلى : (أ) 6 V (ب) 40 V (ج) 150 V (د) 250 V (هـ) 400 V أرسم الدائرة ، ودوّن قيم الحساب ، ثم احسب المقاومات الموصلة على التوالي .

٦٢- ٧ يراد زيادة مجال القياس بثولطومتر مجال قياسه 50 V ومقاومته الداخلية 1000Ω ، إلى : (أ) 100 V (ب) 250 V (ج) 400 V . عين المقاومات اللازم توصيلها على التوالي .

٦٢- ٨ يراد زيادة مجال القياس بجهاز أمبيرمتر مجال قياسه 1 A ومقاومته الداخلية $0,1 \Omega$ ، إلى : (أ) 2,5 A (ب) 4 A (ج) 6 A (د) 10 A . احسب قيم مقاومات مجزّى التيار .

٦٢- ٩ وصلت المقاومتان : $R_1 = 10 k\Omega$ و $R_2 = 10 k\Omega$ على التوالي ، على جهد الشبكة الثابت 220 V . ويراد بواسطة ثولطومتر مقاومته $R_i = 40 k\Omega$ ، اختبار الجهد U_1 ثم الجهد U_2 . فماها قراءتا القياس الناتجتان ؟ ماهي النتيجة المستفادة ؟

٦٢- ١٠ تبلغ مقاومة مجموعة القياس بأمبيرمتر ، بما فيها مقاومة توال لا تعتمد على درجة الحرارة ، 25Ω . ويبلغ الانحراف النهائي له 3 mA . ما مقدار مقاومة مجزّى التيار اللازم لزيادة مجال القياس إلى 400 mA ؟

٦٢- ١١ يراد استخدام ثولطومتر ذي ملف متحرك مجال قياسه 80 mV ، ومقاومة مجموعة القياس به 20Ω ، للقياس حتى 500 V . احسب : (أ) مقدار مقاومة التوالي التي يجب استخدامها (ب) القدرة المفقودة بها ؟

٦٢- ١٢ أعطيت في ثولطومتر النسبة : أوم لكل فولط ، كمقاومة مميزة $100 \Omega/V$. عند أية قيمة للتيار الداخلي (mA) للثولطومتر يحدث الانحراف النهائي ؟

٦٢- ١٣ في جهاز ثولطومتر جيد ، أعطيت المقاومة المميزة بالمقدار $20 k\Omega/V$. كم يبلغ التيار الداخلي بالملي أمبير (mA) ؟

٦٢- ١٤ يبين ثولطومتر عند توصيله على الشبكة القراءة 225 V وعند إدخال مقاومة $R_s = 50 k\Omega$ على التوالي تنخفض قراءة القياس إلى 150 V . احسب المقاومة الداخلية للثولطومتر .

٦٢- ١٥ مجموعة قياس : $R_i = 60 \Omega$ و $R_{ch} = 300 \Omega/V$ يراد زيادة مجال القياس بها إلى 250 V بواسطة مقاومة توال . احسب R_s .

٦٢- ١٦ تبلغ المقاومة المميزة لجهاز قياس $500 \Omega/V$. ويحدث الانحراف التام بهذا الجهاز عند 200 mV . احسب : (أ) المقاومة الداخلية لمجموعة القياس (ب) التيار I اللازم للانحراف التام .

٦٢- ١٧ وصل ثولطومتر مجال قياسه 100 V على محوّل قياس $3000/100$. احسب : (أ) ثابت المحوّل (ب) الجهود على الجانب ذي الجهد العالي للقراءات (قيم القياس) التالية : (أ) 60 V (٢) 75 V (٣) 844 V (٤) 92 V (٥) 95 V .

٦٢- ١٨ وصل أمبيرمتر مجال قياسه 5 A : على محوّل قياس للتيار $300/5$. ماهي القيم التي يبينها عند تيار ابتدائي قدره : (أ) 270 A (ب) 210 A (ج) 150 A (د) 90 A (هـ) 72 A (و) 48 A .

٦٢- ١٩ يبين أمبيرمتر متصل بمحوّل قياس للتيار 500/5 قراءة التيار 3,5 A . ماهي نتيجة القياس ؟

٦٢- ٢٠ بيانات الجانب الثانوي لعداد هي (100 V/5 A) وبه محوّل قياس . وصل العداد بجهد عال عبر محوّل قياس جهد $25000/100$ ، ومحوّل قياس تيار $75/5$ على جهد عال . احسب ثابت العداد .

دائرة القياس لحساب المقاومات الصغيرة

مباشرة. لا يقيس الأميتر تيار القياس I_x المار خلال R_x فحسب، وإنما التيار في الفولطتر I_M أيضا. ويقل خطأ القياس الناشئ عن ذلك كلما كان الفولطتر ذا أومية أعلى (استهلاك ذاتي منخفض) وكلما صغرت R_x . فإذا كانت R_x صغيرة بالنسبة إلى R_i ، فإن قانون أوم يطبق مباشرة كما يلي:

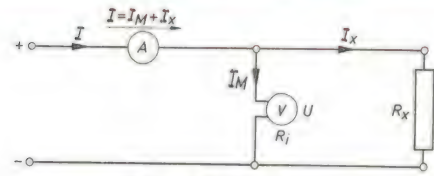
$$R_x = \frac{U}{I}$$

وتطبق الصيغتان التاليتان عند أخذ الفقد الذاتي في الاعتبار:

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_i}}$$

أو

$$R_x = \frac{U}{I - I_M}$$



دائرة القياس ١

المقاومة المجهولة = R_x

I = قراءة التيار على الأميتر

 I_M = التيار في ملف مجموعة القياس بجهاز الفولطتر I_x = تيار القياس في المقاومة المراد حسابها R_i = المقاومة الداخلية للفولطتر

U = قراءة الجهد على الفولطتر.

يوصل الأميتر في دائرة التيار على التوالي ويوصل الفولطتر على أطراف المقاومة المراد حسابها R_x ،

دائرة القياس لحساب المقاومات الكبيرة

R_i للأميتر والمقاومة R_x وقياس مجموع هبوطي الجهد U_M و U_{R_x} . يبين الأميتر القيمة الصحيحة، في حين يبين الفولطتر جهداً أعلى بمقدار هبوط الجهد U_M ويقل خطأ القياس كلما كان الأميتر ذا أومية منخفضة وكلما كبرت R_x . فإذا كانت R_x كبيرة بالنسبة إلى R_i ، عندئذ يطبق:

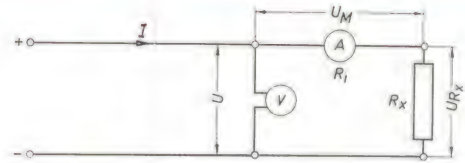
$$R_x = \frac{U}{I}$$

وتطبق الصيغتان التاليتان عند أخذ الفقد الذاتي في الاعتبار:

$$R_x = \frac{U - (I \cdot R_i)}{I}$$

أو

$$R_x = \frac{U - U_M}{I}$$



دائرة القياس ٢

المقاومة المجهولة = R_x

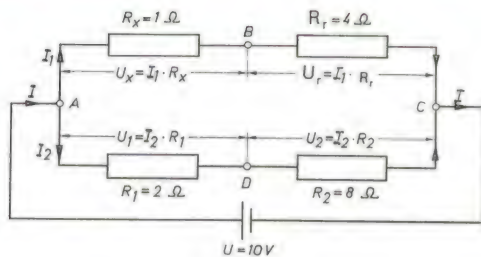
I = قراءة التيار على الأميتر

U = قراءة الجهد على الفولطتر

 R_i = المقاومة الداخلية للأميتر U_M = هبوط الجهد في الأميتر U_{R_x} = هبوط الجهد في المقاومة المراد حسابها.

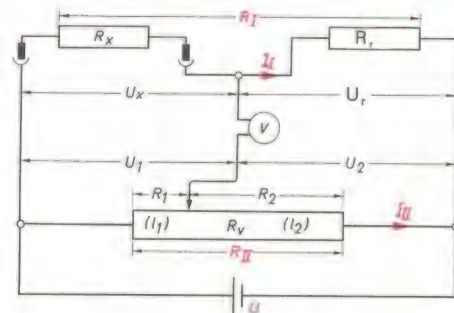
يوصل الأميتر على التوالي مع R_x ، ويوصل الفولطتر على التوازي مع اتصال التوالي المكون من

القياس الدقيق للمقاومات بواسطة قنطرة المقاومات

 R_1 و R_2 = المقاومتين الجزئيتين للمقاومة المتغيرة

يوصل الفولطتر كقنطرة (بين R_1 و R_2). إذا كانت R_1 و R_2 مقاومتين سلكيتين، فيمكن التعويض بأطوال السلك من

$$R_x = \frac{l_1}{l_2} \cdot R_r$$

 R_x = مقاومة مجهولة R_r = مقاومة عيارية (مقاومة مقارنة) R_v = مقاومة متغيرة، كجزيء للجهد

تقريبات

٦٣ — ١ عند قياس قيمة مقاومة أومية صغيرة بواسطة دائرة القياس (١) (صفحة ١٥٢) بين الفولطمتر 10 V وبين الأمبيرمتر 20 mA ، ويبلغ تيار تركيبة القياس للفولطمتر 4 mA . احسب R_x : (أ) بقانون أوم (ب) بأخذ الاستهلاك الذاتي في الاعتبار .

الحل :

$$(أ) \text{ (طريقة تقريبية) } R_x = \frac{U}{I} = \frac{10 \text{ V}}{0,020 \text{ A}} = 500 \Omega$$

$$(ب) R_x = \frac{U}{I - I_m} = \frac{10 \text{ V}}{0,020 \text{ A} - 0,004 \text{ A}} = 625 \Omega$$

٦٣ — ٢ ما مقدار الانحراف عن القيمة الحقيقية للمقاومة في المائة في طريقة حل الجزء (أ) من المسألة السابقة .

الحل :

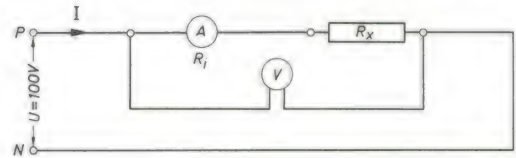
$$\text{الانحراف بالأوم : } 625 \Omega - 500 \Omega = 125 \Omega$$

$$\text{الانحراف في المائة : } \frac{100\% \cdot 125 \Omega}{625 \Omega} = 20\%$$

٦٣ — ٣ بين الفولطمتر في دائرة القياس للمقاومات الصغيرة 15 V وبين الأمبيرمتر 25 mA . فإذا أعطيت المقاومة الداخلية للفولطمتر بالقيمة 5000 Ω . عين : (أ) R_x باعتبار الاستهلاك الذاتي مرة وبإهماله مرة أخرى .

(ب) الانحراف بالأوم وبالنسبة المئوية .

٦٣ — ٤ اختبرت المقاومتان : $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ و $R_2 = 100 \Omega$ بواسطة دائرة القياس المبينة بالرسم والمكونة من منبع للجهد المستمر 100 V وأمبيرمتر ذي ملف متحرك مجال قياسه : 0 ... 2 A أو 0 ... 25 mA



وفولطمترات ذات مقاومات معلومة 1000 Ω/V ، 500 Ω/V ، 100 Ω/V ومجال القياس بكل منها من 0 V إلى 130 V فأعطت القياسات القيم الواردة بالجدول الآتي . احسب القيم الناقصة بالجدول مستعملاً الصيغ الموضحة :

احسب :

R	R_{ch}	U	I	$R_x = \frac{U}{I}$	$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_i}}$
10 k Ω	100 Ω/V	100 V	20 mA	?	?
	500 Ω/V	100 V	12 mA	?	?
	1000 Ω/V	100 V	11 mA	?	?
100 Ω	100 Ω/V	100 V	1,010 A	?	?
	500 Ω/V	100 V	1,002 A	?	?
	1000 Ω/V	100 V	1,001 A	?	?

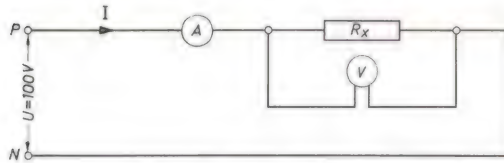
احسب : (أ) المقاومة الداخلية للفولطمتر من معطيات المقاومة الخصائصية R_{ch} (ب) المقاومة R_x باعتبار الفقد الذاتي مرة وبإهماله مرة أخرى (ج) الانحراف في المائة عن قيمة المقاومة الحقيقية . (د) دَوْن ملاحظاتك عن الفولطمتر وخطأ القياس وقيمة المقاومة .

٦٣ — ٥ المطلوب قياس قيمة مقاومة أومية كبيرة باستخدام دائرة القياس (٢) (صفحة ١٥٢) . فإذا بينت أجهزة القياس : 5 V و 2,5 mA وبلغ هبوط الجهد على الأمبيرمتر 0,4 V . (أ) احسب R_x بالتصحيح وبدونه .

(ب) ما مقدار الانحراف في المائة مع إهمال الاستهلاك الذاتي ؟

٦٣ — ٦ في دائرة قياس للمقاومات الكبيرة كانت $I = 200 \text{ mA}$ و $U = 100 \text{ V}$ والمقاومة الداخلية للأمبيرمتر $R_i = 20 \Omega$. احسب المقاومة المجهولة R_x .

٦٣ — ٧ اختبرت المقاومتان $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ و $R_2 = 100 \Omega$ بواسطة دائرة القياس المبينة بالرسم المكونة من :



منبع للجهد المستمر 100 V وفولطمتر ذي ملف متحرك مجال قياسه : من 0 V إلى 130 V وأمبيرمتر مقاومته الداخلية $R_i = 20 \Omega$ وأمبيرمتر مقاومته الداخلية $R_i = 50 \Omega$ فأعطت القياسات القيم التالية :

R	U	I	R_i	$R_x = \frac{U - I \cdot R_i}{I}$	$R_x = \frac{U}{I}$
10 k Ω	100 V	9,98 mA	20 Ω	?	?
10 k Ω	100 V	9,95 mA	50 Ω	?	?
100 Ω	100 V	0,833 A	20 Ω	?	?
100 Ω	100 V	0,666 A	50 Ω	?	?

احسب : (أ) المقاومة R_x بالتصحيح وبدونه (ب) الانحراف (%) (ج) دَوْن ملاحظاتك عن كل من الفولطمتر وخطأ القياس وقيمة المقاومة ؟

٦٣ — ٨ بالإستعانة بالرسم التخطيطي المكافئ لقنطرة القياس (صفحة ١٥٢) استنتج الصيغة الرياضية للقنطرة .

٦٣ — ٩ في قنطرة لقياس المقاومة ذات سلك منزلق طوله 1000 mm توقف مؤشر الفولطمتر عند الصفر ، عند تقسيم سلك القياس بالنسبة : (700 : 300) $(I_1 : I_2)$ فإذا كانت قيمة المقاومة العيارية 60 Ω . ما مقدار R_x ؟

٦٣ — ١٠ أعيد الإتران لقنطرة قياس ذات سلك طوله 1000 mm ، عندما كانت : $I_1 = 80 \text{ cm}$ ، بواسطة $R_r = 20 \Omega$. احسب المقاومة المجهولة R_x .

٦٤ — ١١ قنطرة قياس ذات سلك منزلق بياناتها كالتالي : طول السلك $l = 1 \text{ cm}$ ومقاومتها العيارية $R_r = 24 \Omega$ ومقاومتها المجهولة $R_x = 6 \Omega$. ما مقدار نسبة القنطرة عند الإتران ؟

٦٣ — ١٢ احسب موضع الطرف المنزلق لقنطرة طولها 1 m ، إذا وصلت مقاومة عيارية $R_r = 42 \Omega$ مع مقاومة $R_x = 98 \Omega$ في القنطرة .

٦٣ — ١٣ استبدل السلك المنزلق في قنطرة قياس بمقاومة متغيرة $R_v = 100 \Omega$ وأعيد التوازن للقنطرة عند $R_1 = 30 \Omega$ بواسطة المقاومة $R_r = 42 \Omega$. احسب R_x .

مساحة اللوح - تيار اللوح

وتعتمد كثافة التيار S إلى حد كبير على نوعية اللوح وشروط التبريد وزمن التحميل (انظر الجدول).

نوع المقوم	Cu ₂ O	Se	Ge	Si
جهد الحيز الفعال ($U \sim$)	6	25	110	380
كثافة التيار S (A/cm ²) في حالة:				
التهدية الذاتية	0,04	0,07	40	80
التهدية الجبرية	0,14	0,2	100	280

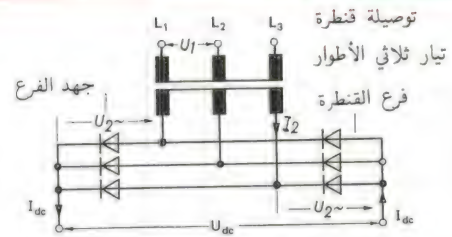
تعتمد مساحة سطح التقويم على تيار الفرع I_b وعلى القدرة النوعية للتحميل (كثافة التيار المسموح بها لكل وحدة مساحة) (A/cm^2).

$$A = \frac{I_b}{S} \text{ cm}^2$$

A = المساحة اللازمة للوح (cm^2)
 S = كثافة التيار (A/cm^2)

عدد الألواح لكل فرع

(ج) فرع القنطرة ويقصد به جزء من دائرة المقوم بين أحد أطراف الجهد المتردد وأحد أطراف الجهد المستمر.
 (د) جهد الفرع $U_2 \sim$: هو القيمة الفعالة لجهد التوصيل الموصل على خلية المقوم في اتجاه الحيز.
 (هـ) U_{dc} = القيمة المتوسطة للجهد المستمر عند الدائرة المفتوحة.
 I_{dc} = القيمة المتوسطة للتيار المستمر الناشئ.



ملاحظة: «جهد الحيز الإسمي»:

(أ) في خلايا Cu_2O و Se : يقصد به القيمة الفعالة للجهد المتردد.

(ب) في خلايا Si و Ge : يقصد به القيمة العظمى للجهد المتردد.

ويجب في حالة التحميل بجهد مضاد (مثل مرمم أو مكثف أو مولد تيار مستمر) التعويض بنصف قيمة جهد الحيز الإسمي.

$$n_p = \frac{U_2 \sim}{U_{inv}}$$

عدد الألواح لكل فرع للقنطرة:

$$U_{inv} = \text{جهد الحيز الإسمي لكل خلية}$$

$$n = n_b \cdot n_p$$

العدد الكلي لألواح الدائرة:

$$n_b = \text{عدد فروع القنطرة}$$

تسوية (تنعيم) التفوج لمنحنى التيار المقوم والجهد المقوم مع الزمن

يسبب التيار العام (المكون من تيار مستمر وتيار متردد متراكب عليه) هبوط جهد حثي عبر الملفات، وطنينا في أجهزة إرسال الصوت. وعلاج هذا التراكب:
 في الدائرة (١) تقوم نصف الموجة: للمتطلبات الضئيلة للتموج يكفي توصيل مكثف تسوية C_s على التوازي مع المقاومة R ويمكن تعيين C_s بتقريب دقيق طبقاً للصيغة الرياضية:

$$C_s = 4,5 \cdot \frac{I_{dc}}{U_{eff}} \mu F$$

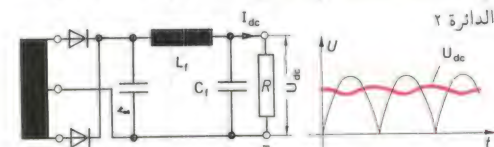
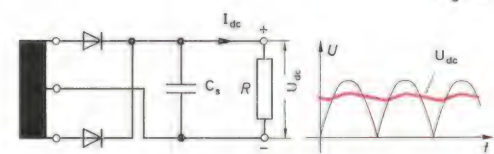
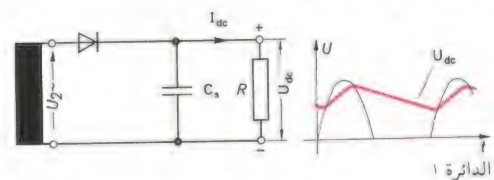
$U_{eff}(V)$ = القيمة الفعالة للجهد المتردد المتراكب،
 I_{dc} = التيار المستمر في المقاومة (mA).

في الدائرة (٢): تقوم الموجة الكاملة:

$$C_s = 2,2 \cdot \frac{I_{dc}}{U_{eff}} \mu F$$

في الدائرة (٣): مجموعة ترشيح من محاثة L ومكثف C : يمكن تقليل التموج إلى حد أكبر بواسطة مجموعة ترشيح $L-C$.

تجهيزات تسوية التفوج في التقويم الأحادي الطور لتقليل الجزء المتردد في الجهد المستمر.



الدائرة ٣ Smoothing Condenser مكثف تسوية لرفع الجهد C_s
 Filter Coil ملف خائق مرشح L_1
 Filter Condenser مكثف مرشح C_f

تقريبات

٦٤ - ١ احسب طول ضلع خلية سيليوم مربعة لتيار قدره 25 A ، بتهوية ذاتية .

٦٤ - ٢ ما مقدار أبعاد خلية السليوم في المسألة السابقة في حالة التهوية الجبرية؟

٦٤ - ٣ احسب قطر المساحة الفعالة لخلية Cu_2O : (أ) في حالة التهوية الذاتية .

(ب) في حالة التهوية الجبرية لتيار مقداره 3 A .

٦٤ - ٤ يمكن تحميل مقوم سيليكون (Si) للتيارات العالية (بتهوية جبرية) بتيار 240 A . ما مقدار قطر ألواح السيليكون؟

٦٤ - ٥ احسب طول الجانب لخلية مربعة من السليوم لتيار قدره 30 A مستخدم في دائرة تقويم نصف موجة عند التحميل المسموح به $S = 70 \text{ mA/cm}^2$ في حالة التهوية الذاتية ، $S = 200 \text{ mA/cm}^2$ في حالة التهوية الجبرية .

٦٤ - ٦ مقومات من السليوم ، لها الأبعاد وقيم التشغيل المعطاة في الجدول . احسب كثافة التيار S بوحدة (A/cm^2) للتيارات المستمرة الإسمية المعطاة .

دائرة المقوم	الجهد المستمر	التيار المستمر الإسمي
	الممكن بلوغه (V)	(A) لمجموعة ما ، عند
	عند جهد	مساحة لوح (mm^2)
	التوصيل الإسمي	
	(U_{eff})	
طراز A :		
25 V	طراز B :	80.100 40.40 18.18
30 V		
10	نصف الموجة (HW)	5 1,5 0,3
12		4,2 1,4 0,25
10	ذات تقويم (FW)	10 3 0,6
12	كامل باستخدام نقطة متوسطة	8,5 2,8 0,5

تصلح معطيات التيار المستمر للتبريد الذاتي . أما في حالة التبريد الجبري بالهواء أو بالزيت فيمكن زيادة التحميل إلى ثلاثة أمثال قيمته .

٦٤ - ٧ إذا كان لمقومات السليوم المتداولة تجارياً الأبعاد التالية :

(أ) $100 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm}$ (ب) $100 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}$ (ج) $200 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm}$ (د) $200 \text{ mm} \cdot 400 \text{ mm}$ ، فبأي تيار يمكن تحميل المقوم ، في حالتي التهوية الذاتية والتهوية الجبرية (الدائرة HW بالمسألة السابقة) .

٦٤ - ٨ قطر ألواح مقوم من السليوم 75 mm . احسب تيار التحميل ، في حالتي التهوية الذاتية والتهوية الجبرية عند مساحة فعالة للألواح قدرها 87% من المساحة الكلية .

٦٤ - ٩ ما مقدار المساحة المؤثرة لمقوم سيليوم في حالة التهوية الذاتية ، والذي يمكن إحلاله محل خلية جرمانيوم (Ge) تحميلها الأقصى يبلغ 40 A ؟

٦٤ - ١٠ مقوم سيليكون له القيم التالية :

(أ) $U_{\text{inv}} = 380 \text{ V}$ (ب) مساحة ألواح السيليكون 60 mm^2 (ج) تيار التحميل 40 A . احسب القدرة النوعية للتحميل (A/cm^2) .

٦٤ - ١١ أعطى تسجيل المنحنى الخصائصي للمقوم OA 85 (صمام جرمانيوم ثنائي (دايود) ذو نقطة تلامس ، يبلغ تحميله الأقصى 30 mA) قيم القياس المبينة بالجدول :

U_f (V)	0,5	1,0	1,5	2	2,5	$10 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ V}$
I_f (mA)	1,2	4,5	10	16	22,5	$5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mA}$
U_{inv} (V)	10	20	30	40	50	$10 \text{ mm} \pm 10 \text{ V}$
I_{inv} (μA)	-	1,2	5	10,5	18	$10 \text{ mm} \pm 2 \mu\text{A}$

ارسم المنحنى الخصائصي للاتجاه الأمامي واتجاه العجز . ما تأثير رفع درجة الحرارة من $+15^\circ\text{C}$ إلى $+70^\circ\text{C}$ على الدايدود؟

٦٤ - ١٢ أعطى تسجيل المنحنى الخصائصي للمقوم BA 105 (صمام سيليكون ثنائي (دايود) ذو سطح تقويم صغير) قيم القياس المبينة بالجدول :

U_f (V)	0,50	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,80	0,85	0,87	$10 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ V}$
I_f (mA)	0,1	0,5	1,2	4,0	9,5	20,0	42	84	100	$10 \text{ mm} \pm 10 \text{ mA}$
$U_{\text{inv}} = 300 \text{ V}$;	$I_{\text{inv}} = 1 \mu\text{A}$									

ارسم المنحنى الخصائصي للاتجاه التقويم الأمامي وقارن النتائج بالمسألة السابقة .

٦٤ - ١٣ احسب ، بالاستعانة بالكميات الخصائصية بالجدول ، أقصى تيار تحميل والمقاومة الداخلية لخلايا المقومات التالية : (أ) مقوم أكسيد النحاس Cu_2O : $100 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}$ (ب) مقوم سيليوم : $100 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}$ (ج) مقوم جرمانيوم : بقطر 5,5 mm (د) مقوم سيليكوني بقطر 5,5 mm في حالة التهوية الذاتية . قارن بين النتائج ، وما هي النتيجة المستفادة؟

Si	Ge	Se	Cu_2O	من : (مانعة)
مقوم ذو طبقة حاجزة (مانعة) من : Cu_2O				
التحميل النوعي للتيار				
(A/cm^2) مع التهوية الذاتية				
80	40	0,07	0,04	(دائرة نصف الموجة HW)
التحميل النوعي للتيار				
(A/cm^2) مع تهوية جبرية				
200	100	0,2	0,14	(دائرة HW)
380	110	25	6	جهد الحجز الإسمي (V)
180	75	85	50	درجة حرارة التشغيل القصوى $(^\circ\text{C})$
99,6	98,5	92	78	كفاية الخلية (%)
1	3	15	30	الحجم اللازم لنفس القدرة ($\text{Si}=1$)
0,7	0,5	0,6	0,2	جهد الوصل U_s (V)
10^{-3}	$4 \cdot 10^{-3}$	1,1	2	المقاومة الداخلية للخلية $(\Omega \cdot \text{cm}^2)$

٦٤ - ١٤ يراد تغذية مقاومة التحميل R ، بتيار مستمر قدره : $I_{\text{dc}} = 145 \text{ mA}$ بواسطة دائرة تقويم نصف موجة عند جهد متردد مترابك قدره 22 V . احسب C_{ch} لمكثف الشحن بوحدة (μF) .

٦٤ - ١٥ دوائر مقومات لها قيم التشغيل المدونة بالجدول الآتي . احسب سعة مكثف تنعيم (تسوية) التخرج C_s بوحدة (μF) .

و	هـ	د	ج	ب	أ
HW	HW	HW	B	B	HW
50	50	30	18	180	60
10	25	6	6	10	20
I_{dc} (mA)					
U_{eff} (V)					

المنحنى الخصائفي - تعريفات

أي تيار مستمر. وتوضح من المنحنى الخصائفي بعض القيم المطلوبة لحساب مجموعات التقويم.

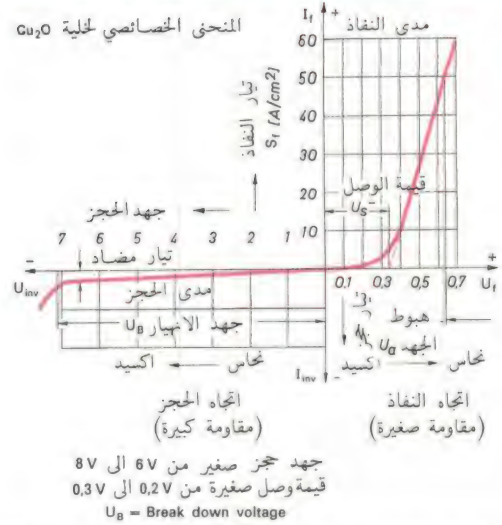
U_{inv} = جهد الحجز ووحده (V) : وهو قيمة الجهد التي يسمح بها بصفة مستديمة. وإذا كان جهد التشغيل أعلى من U_{inv} يجب توصيل عدة صمامات في صف من الألواح على التوالي.

U_f = جهد النفاذ : جهد تيار مستمر في اتجاه النفاذ (= الجهد المفقود)

I_f = تيار النفاذ (الأمامي) = التيار الإسمي : هو القيمة المتوسطة لتيار اللوح في دائرة نصف الموجة والسماح به بصفة مستمرة عند التحميل بمقاومة والتبريد بالهواء.

U_B = جهد الانهيار : يحدث الانهيار عند تعدي الجهد العكسي المسموح به.

U_0 = قيمة جهد الوصل : مقدار الجهد النافذ (الأمامي) عند الارتفاع الحاد للمنحنى الخصائفي.



المقومات متعددة البلورات (Cu_2O , Se) ، وذات البلورة الواحدة (Ge, Si) هي صمامات كهربائية ، تبدي مقاومة كبيرة في الاتجاه العكسي ومقاومة صغيرة في الاتجاه الأمامي . لذا يمر التيار ، عند وصلها بجهد متردد ، أثناء نصف الفترة الموجب فقط ، وينتج في الحمل المتصل معه على التوالي تيار ذو اتجاه ثابت ،

تعيين الخرج المقدّر للمحولات

تمثل قيم الجداول معاملات التحويل الحسابي التقديري للخرج المقدّر للمحول وتعتبر مقياسا للاستغلال المتنوع للمحول في الدوائر المختلفة .

الدائرة	HW	FW	B	S	DB
K_T	3,08	1,49	1,23	1,37	1,05
K_{S1}	2,68	1,23	1,23	1,24	1,05
K_{S2}	3,49	1,74	1,23	1,49	1,05
K_U	2,22	2,22	1,11	1,48	0,74
K_I	1,57	0,78	1,11	0,58	0,82
K	التحميل بمقاومة فقط : من 1,10 إلى 1,15 من 1,15 إلى 1,25				
	التحميل مع جهد عكسي :				

المطلوب :

جهد الدائرة المفتوحة الثانوي : $U_2 \sim 7V$

التيار الثانوي : $I_2 = 7A$

قدرة التيار المستمر : $P = 7W$

الخرج المقدّر (القدرة الظاهرية) : $S = 7VA$

الحل :

بأخذ القيم من الجدول السابق نجد أن $(K) = 1,1$ (للتحميل بمقاومة)

$$U_2 \sim K \cdot K_U \cdot U_{dc} = 1,1 \cdot 1,11 \cdot 20V = 24,4V$$

$$I_2 = K_I \cdot I_{dc} = 1,11 \cdot 4A = 4,44A$$

$$P_{dc} = U_{dc} \cdot I_{dc} = 20V \cdot 4A = 80W$$

$$S = K \cdot K_T \cdot P_{dc} = 1,1 \cdot 1,23 \cdot 80W = 108VA$$

القدرة الظاهرية الثانوية تساوي الخرج المقدّر للمحول ومقدارها 108 VA.

معنى معاملات التحويل الحسابي عند التحميل بمقاومة :

K_T : للخرج المقدّر للمحولات .

K_{S1} : للقدرة الظاهرية على الجانب الابتدائي

K_{S2} : للقدرة الظاهرية على الجانب الثانوي

K_U : للجهد الثانوي للمحول

K_I : للتيار الثانوي للمحول

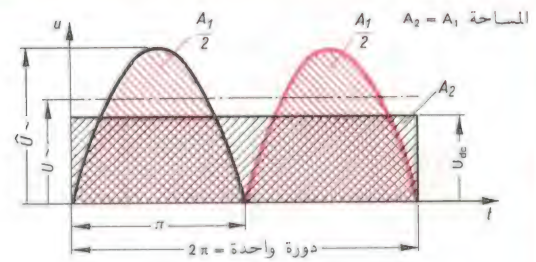
K : لموازنة المفقودات في المحول وفي المقوم

مثال :

احسب قيم الخرج لجهد مستمر $U_{dc} = 20V$ وتيار مستمر $I_{dc} = 4A$ لمجموعة مقومات في دائرة قطرية (دائرة B) لتحميل بمقاومة .

نسب الجهود على الحمل في دوائر التقويم FW و B

نسبة الجهد المستمر (القيمة الحسابية المتوسطة) إلى القيمة الفعالة للجهد المتردد عند مدخل المقوم $U_{dc}/U \sim 0,9$	نسبة الجهد المستمر (القيمة الحسابية المتوسطة) إلى القيمة العظمى للجهد المتردد عند مدخل المقوم $U_{dc}/\hat{U} \sim 0,64$
التقويم 50%	



أنواع الدوائر الأساسية

الرمز المختصر طبقاً لمواصفات DIN 41762	الرمز المختصر طبقاً لمواصفات DIN 41762	الرمز المختصر طبقاً لمواصفات DIN 41762	الرمز المختصر طبقاً لمواصفات DIN 41762	الرمز المختصر طبقاً لمواصفات DIN 41762	الرمز المختصر طبقاً لمواصفات DIN 41762
الرمز المختصر طبقاً لمواصفات DIN 41762	الرمز المختصر طبقاً لمواصفات DIN 41762	الرمز المختصر طبقاً لمواصفات DIN 41762	الرمز المختصر طبقاً لمواصفات DIN 41762	الرمز المختصر طبقاً لمواصفات DIN 41762	الرمز المختصر طبقاً لمواصفات DIN 41762
دائرة تقويم نصف الموجة HW	دائرة تقويم الموجة الكاملة ذات نقطة متوسطة FW	دائرة تقويم قنطرية (أحادية الطور) B	دائرة تقويم قنطرية (مضاعفة) D	دائرة تقويم نجمية (مزدوجة) DS	دائرة تقويم نجمية (مزدوجة) DSC
بدون مكثف C : $U_{dc} = 0,45 U_2$ بمكثف C : $U_{dc} = 1,41 U_2$ $I_b \approx I_{dc}$	$w = 120\%$ $U_{dc} = 0,676 U_2$ $I_b \approx \frac{I_{dc}}{3}$	$w = 50\%$ $U_{dc} = 0,45 U_2$ $I_b \approx \frac{I_{dc}}{2}$	$w = 50\%$ $U_{dc} = 0,9 U_2$ $I_b \approx \frac{I_{dc}}{2}$	$w = 5\%$ $U_{dc} = 1,35 U_2$ $I_b \approx \frac{I_{dc}}{3}$	$w = 5\%$ $U_{dc} = 0,58 U_2$ $I_b \approx \frac{I_{dc}}{6}$

U_2 = القيمة الفعالة للجهد الثانوي المتردد (أكبر جهد للموصل الخارجي)
 U_{dc} = القيمة الحسابية المتوسطة للجهد المستمر النبضي في حالة الدائرة المفتوحة.
 I_{dc} = القيمة المتوسطة للتيار المستمر الكلي.

تمرينات

٦٥ - ١ احسب عدد الألواح اللازمة لتقويم جهد متردد قدره 120 V ، بواسطة ألواح من : أ) أكسيد النحاس ب) السليسيوم ج) الجرمانيوم . ثم بين كيفية توصيل الألواح ؟

الحل للجزء (أ) :

$$n = \frac{U}{U_{inv}} = \frac{120 V}{6 V} \approx 20 \text{ (لوحا)}$$

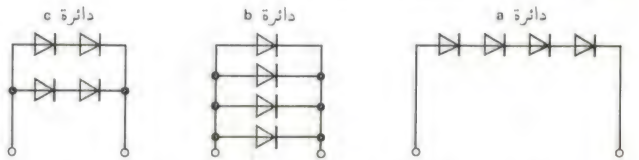
٦٥ - ٢ مقوم 60 V/0,4 A مستخدم في دائرة تقويم قنطرية بطور واحد يتكون من ألواح من : أ) السليسيوم ب) أكسيد النحاس (Cu₂O) . احسب :

أ) عدد الألواح في كل فرع من القنطرة .

ب) العدد الكلي للألواح في الدائرة القنطرية .

٦٥ - ٣ وصلت أربع خلايا من السليسيوم كل منها 25 V/8 A : أ) على التوالي ب) على التوازي ج) توصيلا مركبا . احسب لكل دائرة :

أ) جهد التوصيل U₂ ب) الجهد المستمر للدائرة المفتوحة U_{dc0} ج) التيار المستمر I_{dc} عند التحميل بمقاومة (أنظر جدول أنواع الدوائر الأساسية صفحة ١٥٧) .

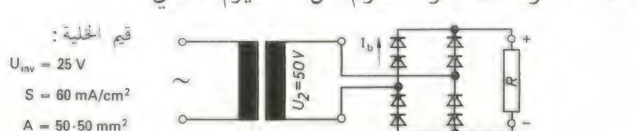


٦٥ - ٤ أعطى المصنع القيم التالية لخلية مقوم سليكوني : I = 0,1 A و U_{inv} = 50 V . احسب لدائرة تقويم نصف الموجة ولدائرة تقويم الموجة الكاملة ولدائرة التقويم القنطرية ما يلي : أ) الجهد المستمر للدائرة المفتوحة ب) التيار المستمر الممكن تحمله عند التحميل بمقاومة .

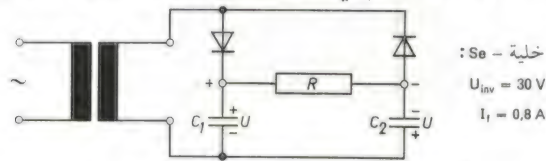
٦٥ - ٥ تستخدم أربع من خلايا مقوم سليكوني في دائرة قنطرية (B) والقيم الإسمية لكل خلية هي : (300 V/2 A) . احسب للتحميل بمقاومة : أ) الجهد المستمر للدائرة المفتوحة (بدون حمل) ب) التيار المستمر ج) جهد التوصيل د) الخرج المقدّر للمحول هـ) الجهد المستمر عند التحميل في حالة هبوط جهد قدره 1,5 V على كل خلية سليكونية و) قدرة مجموعة المقوم المعطاة عند التحميل الكامل .

٦٥ - ٦ يتكون عمود مقوم من 8 خلايا متصلة على التوالي جهد الحجز لكل منها : U_{inv} = 25 V . وقد أعطيت القدرة النوعية للتحميل بمقدار 70 mA/cm² . احسب :

أ) الجهد المستمر للدائرة المفتوحة (بدون حمل) للعمود U_{dc0} . ب) الجهد الموصل U₂ ج) القيمة العظمى للجهد الموصل U_{2max} د) هبوط الجهد على العمود إذا كان الهبوط لكل خلية = 0,5 V هـ) مساحة الطبقة الحازجة (المانعة) لتيار تحميل قدره 1,2 A و) الفقد في القدرة عند الحمل الكامل ز) الخرج المقدّر للمحول ح) تموج الجهد المستمر عند التشغيل الإسمي .



احسب : أ) التيار الإسمي للخلية ب) تيار الفرع I_b ج) التيار الكلي I_{dc} د) مقدار هبوط الجهد هـ) الجهد على المقاومة عند الحمل الكامل و) الخرج المقدّر للمحول ز) تموج الجهد المستمر عند التحميل الإسمي ح) مقدار مقاومة الحمل .



٦٥ - ٨ إذا كان المقوم في دائرة تقويم مزدوجة كما هو مبين : احسب : أ) الجهد المستمر للدائرة المفتوحة (بدون حمل) ب) هبوط الجهد ج) الجهد المستمر عند التحميل د) القدرة الإسمية للمحول .

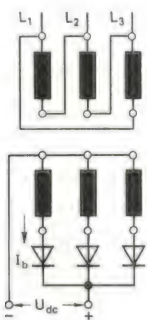
٦٥ - ٩ وصلت أربعة مقومات في دائرة تقويم قنطرية على جهد متردد U_~ = 220 V . احسب : أ) القدرة المستهلكة في مقاومة حمل قدرها 60 Ω ب) التيار الإسمي للمقوم الواحد .

٦٥ - ١٠ تتكون مجموعة مقومات من 12 خلية من السليسيوم موصلة على التوالي (U_{inv} = 30 V) . لأي جهد حجز إسمي صممت هذه المجموعة :

أ) عند التحميل بمقاومة ب) عند التحميل بمكثف ؟

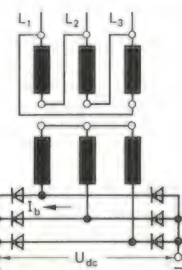
٦٥ - ١١ إذا تم تقويم التيار المتردد ثلاثي الأطوار عبر محول ثلاثي الأطوار نمط Dy 5 بواسطة مقومات HW 25/10-2 مستخدمة في دائرة تقويم نصف موجة ثلاثية الأطوار (الدائرة S) . احسب القيم التالية بالدائرة :

أ) جهد الطور ب) الجهد المستمر للدائرة المفتوحة U_{dc0} ج) تيار الفرع I_b د) التيار الإسمي I_{dc} هـ) القدرة المستفادة من دائرة التقويم مع إهمال المفقودات و) القدرة الظاهرية للمحول ز) تموج الجهد المستمر عند الحمل الكامل



٦٥ - ١٢ 6 مقومات HW 25/10-1,6 مستخدمة في دائرة تقويم قنطرية ثلاثية الأطوار موصلة على محول تيار ثلاثي الأطوار من نمط Dy 5 احسب :

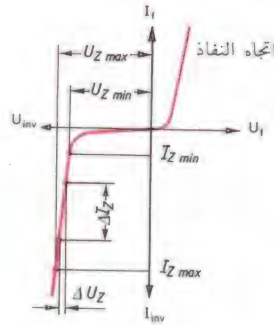
أ) الجهد المستمر للدائرة المفتوحة U_{dc0} ب) تيار الفرع I_b ج) التيار الإسمي I_{dc} د) القدرة المستفادة هـ) القدرة الظاهرية للمحول و) تموج الجهد المستمر عند التحميل الإسمي ز) جهد الطور الثانوي .



إتزان الجهد بواسطة دايودات زينر Voltage Stabilisation

تتحقق بعض دوائر إتزان الجهد البسيطة هندسيا بواسطة تيار الإنهيار في الدايود في اتجاه الحيز (العكسي) (ظاهرة زينر).

المنحنى الخصائفي لدايود زينر (Z-diode).

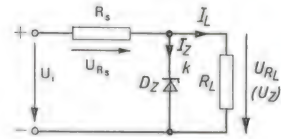


$$P_{Zmax} = U_{Zmax} \cdot I_{Zmax}$$

$$r_z = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z}$$

عند U_{Zmin} يزداد تيار الحيز I_Z بقدر كبير جدا. ويتلف دايود زينر إذا تجاوز القيمة P_{Zmax} ويمكن حساب المقاومة الداخلية r_z من تغير الجهد ΔU_Z وتغير التيار المناظر له، وهي تعتمد على التيار I_Z .

دائرة إتزان (استقرار) الجهد



عند ارتفاع جهد الدخل U_i يزداد I_Z بقدر كبير وبالتالي يرتفع U_{R_s} ويظل U_{R_L} ثابتا تقريبا. ($U_Z = U_{R_L}$)

حساب مقاومة التوالي R_s

$$R_s = \frac{U_i - U_Z}{I_Z + I_L}$$

لتيارات الحمل الصغيرة ($I_L < I_Z$) تطبق الصيغة:

لا تحد مقاومة التوالي في حالتي التغيرات الكبيرة في تيار الحمل والتراوحات الكبيرة في جهد الدخل بقيمة واحدة بل يمكن اختيارها بين القيمتين R_{smax} و R_{smin} :

$$R_{smax} = \frac{U_{i min} - U_{Zmin}}{I_{Zmin} + I_{Lmax}}$$

$$R_{smin} = \frac{U_{i max} - U_{Zmax}}{I_{Zmax} + I_{Lmin}}$$

حساب تراوح الجهد على R_L

$$\Delta U_{R_L} = \frac{\Delta U_i \cdot r_z}{R_s}$$

عند تراوح جهد التغذية تطبق الصيغة:

$$\Delta U_{R_L} = \Delta I_L \cdot r_z$$

وعند تغير تيار الحمل تطبق الصيغة:

ملاحظات:

(١) يجب أن يبلغ جهد الدخل من ضعف إلى أربعة أمثال جهد الخرج.

(٢) لا يسمح بأن تكون قيمة I_{Zmin} أصغر من القيمة $0.1 \cdot I_{Zmax}$.

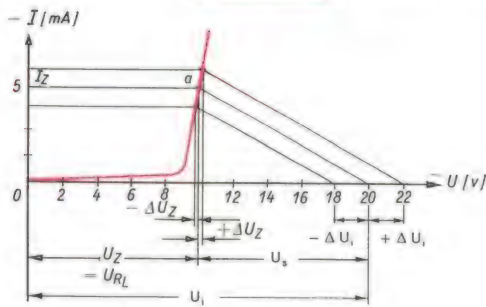
(٣) لا يسمح للتيار I_L بأن يكون كبيرا جدا، لأن تيار الحمل يمر كله في الدايود عند إزالة الحمل.

التحليل التخطيطي مع الرسوم البيانية للتشغيل.

يرسم المنحنى الخصائفي للدايود الموجود بالربع الثالث (من تقاطع الإحداثيات)، في الربع الأول، ويمد محور U حتى U_i . كما يمد خط من نقطة التشغيل a إلى U_i ليثل خط المقاومة R_s .

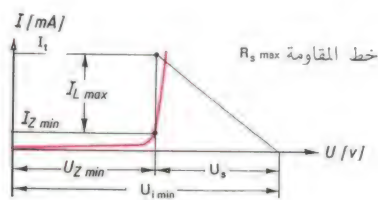
لحالة $I_L < I_Z$ يكون:

$$R_s = \frac{U_s}{I_Z}$$

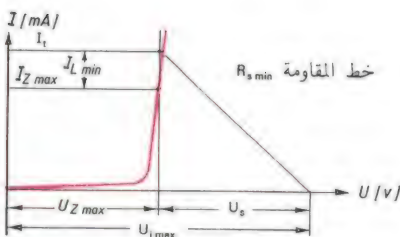


وعند حدوث تغيرات في جهد الدخل $\pm \Delta U_i$ ، يمكن قراءة التغيرات المناظرة في جهد الحمل $\pm \Delta U_{R_L} = \pm \Delta U_Z$ من الرسم البياني مباشرة.

تعيين R_{smax} : عندما تكون $I_Z < I_{Zmin}$ ، لا يكون الإتزان ممكنا.



تعيين R_{smin} :



حساب معامل الاتزان S :

$$S = \frac{r_z \cdot U_i}{R_s \cdot U_{R_L}}$$

وعندما تكون $R_s \gg r_z$:

$$S = \frac{\Delta U_{R_L} \cdot U_i}{U_{R_L} \cdot \Delta U_i}$$

يرمز أحيانا في بعض المراجع لقلوب القيمة بالحرف S أيضا، وتكون S عندئذ أكبر من 1.

تقريبات

٦٦ - ١ تصل دائرة إتران إلى معامل إتران $S=0,025$. ويتأرجح جهد الدخول في حدود $\pm 10\%$. كم في المائة يتراوح جهد الخرج U_{RL} ؟

٦٦ - ٢ يبلغ أعلى جهد في دائرة إتران بمفتاح تحكم في الإضاءة عند الدخول 160 V ، ويبلغ أقل جهد 140 V ، ويراد لجهد الخرج $U_{RL}=50\text{ V}$ ألا يزيد تراوحه عن $\pm 0,5\text{ V}$. ما مقدار معامل الإتران S المطلوب؟

٦٦ - ٣ يتطلب قياس درجة الحرارة إلكترونيا جهدا متزا تراوحه $\pm 1\%$. ما مقدار التراوح المسموح به في جهد الدخول عند معامل إتران $S=0,07$ ؟

٦٦ - ٤ إذا لزم لدائرة تحكم تحتوي على ترانزستورات جهد مترن قدره 33 V ، وتوفر جهد قدره 70 V ، ما المقدار اللازم لمقاومة التوالي R_s إذا كان تيار الحمل I_L صغيرا بحيث يمكن إهماله، وإذا استخدم الدايدو BZY 95/C 33 (تؤخذ البيانات من الجدول)

(بيانات مأخوذة من معطيات المنتج) دايدو زينر سليكوني

طراز	I_Z	U_Z	r_Z	P_{Zmax}
BZY	(mA)	(V)	(Ω)	(W)
95/...				
C 10	50	10 (9,4...10,6)	0,75 (≤ 4)	
C 15		15 (13,9...15,6)	1,0 (≤ 8)	
C 20		20 (18,9...21,2)	2,8 (≤ 12)	
C 27	20	27 (25,1...28,9)	3,8 (≤ 18)	
C 33		33 (31...35)	5,0 (≤ 25)	1,5
C 43		43 (40...45)	13 (≤ 40)	
C 51	10	51 (48...54)	15 (≤ 55)	
C 62		62 (58...66)	18 (≤ 75)	
C 75		75 (71...79)	20 (≤ 100)	

تصلح جميع القيم لدرجة حرارة بالطبقة العازلة قدرها $t_a=25^\circ\text{C}$.

٦٦ - ٥ يرتفع التيار في الدايدو، في دائرة إتران بها دايدو زينر BZY 95/C 10 بسبب التغير في تيار الحمل إلى 200 mA . ويرتفع الجهد على الدايدو في نفس الوقت إلى 11 V . هل سيتم تخطي القدرة القصوى المسموح بها (القيمة الحدية)؟ قارن النتائج بالجدول في المسألة السابقة ومع المنحنى الخاصي في مسألة رقم (٦٦ - ١١).

٦٦ - ٦ إذا لزم جهد مترن قدره 10 V لمضخم ترانزستور ويتوفر لدينا دايدو زينر BZY 95/C 10 بياناته هي $I_Z=5\text{ mA}$ و $r_Z=25\text{ }\Omega$ وبلغ تيار الحمل 5 mA . ما مقدار مقاومة التوالي اللازمة إذا بلغ جهد الدخول 30 V ؟

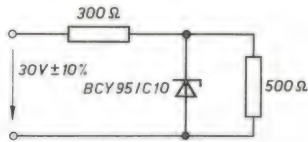
٦٦ - ٧ يسمح لجهد عياري قدره 33 V بالتغير بمقدار $\pm 1\%$ فقط، عند تغير في جهد الدخول قدره $\pm 20\%$. ويبلغ جهد الدخول 100 V وتيار الحمل 1 mA . ما مقدار مقاومة التوالي R_s ،

ومعامل الاتزان S ، وتراوح الجهد ΔU_{RL} على الحمل؟ هل يظل الجهد ثابتا بين القيم المطلوبة؟ (تؤخذ البيانات من الجدول في مسألة رقم ٦٦ - ٤).

٦٦ - ٨ يراد استخدام دايدو زينر BZY 95/C 33 الوارد ذكره في المسألة السابقة ($I_Z=5\text{ mA}$, $r_Z=110\text{ }\Omega$). بين كيفية تغير S , R_s , ΔU_{RL} على الحمل؟

٦٦ - ٩ يتغير تيار الحمل وقدره 5 mA بمقدار $\pm 25\%$ في دائرة إتران ذات جهد حمل قدره 43 V . فإذا تم استخدام دايدو زينر طراز BZY 95/C 43، ما هو التراوح في الجهد الناشئ على الحمل؟ (تؤخذ البيانات من الجدول في المسألة رقم ٦٦ - ٤).

٦٦ - ١٠ اختر إمكانية عمل إتران للجهد في الدائرة المعطاة إلى $\pm 0,030\text{ V}$. ما هو معامل الإتران الذي يمكن الوصول إليه؟ بين كيفية تغير معامل الإتران، إذا فرض جهد الدخول بالمقدار $40\text{ V} \pm 10\%$ وما مقدار R_s في هذه الحالة؟



٦٦ - ١١ يبين الشكل مجال المنحنيات الخصائصية لدايودات زينر المعطاة في الجدول علما بأن محور التيار مقسم لوغاريتميا، ومحور الجهد مقسم خطيا.

(أ) ارسم المنحنى الخاصي لدايدو زينر BZY 95/C 33 بمحورين مقسمين خطيا.

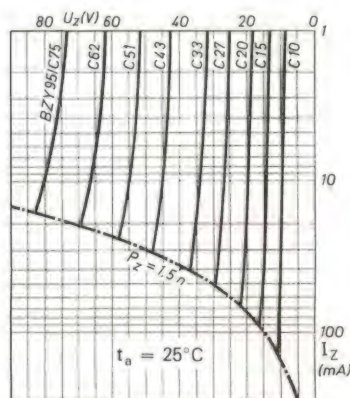
(ب) ارسم لنفس الدايدو الرسم البياني (على ورق مليمترات) لدائرة الإتران التالية:

$$U_i=100\text{ V} \pm 30\%; I_Z=33\text{ V}, I_L \ll I_Z$$

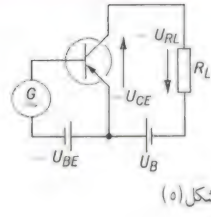
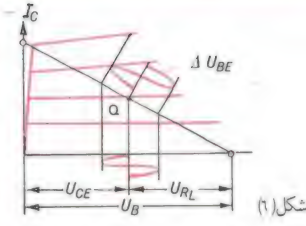
$$(1\text{ V} \triangleq 2\text{ mm}, 1\text{ mA} \triangleq 5\text{ mm}).$$

(ج) ما مقدار التغير في الجهد على الحمل؟ (بالقياس التقريبي من الرسم).

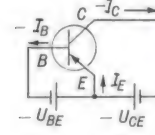
(د) راجع النتائج حسابيا. وإذا ما كان الفرق بين القيم كبيرا، أين يجب البحث عن السبب؟



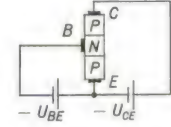
ترانزستور PNP في دائرة الباعث المشترك كمضخم وكفتاح كهربائي



الترانزستور هو جمع من أشباه الموصلات ، يمكنه التحكم بواسطة تيار صغير في تيارات أكبر . وفي ترانزستور الاتصال تترتب الطبقات المعالجة بالإضافة الموجبة والسالبة بالتبادل (الشكل ١) .



E = الباعث
B = القاعدة
C = المجمع



شكل (١): مخطط الترانزستور

شكل (٢): التيارات والجهود في الترانزستور

وبين الشكلان (١و٥) التشغيل بالتيار المتردد مع مقاومة حمل R_L في خط توصيل المجمع . ويبدأ خط المقاومة عند U_B وينتهي عند $I_C = U_B \div R_L$. يقسم U_B عند نقطة التشغيل المختارة Q إلى U_{CE} و U_{RL} . لكل ترانزستور مقاومة دخول ومقاومة خروج لكل من التيار المستمر والتيار المتردد ، وتعتمد القيمتان على نقطة التشغيل المختارة :

$R_i = \frac{U_{BE}}{I_B}$
$r_i = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B}$
$R_o = \frac{U_{CE}}{I_C}$
$r_o = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta I_C}$
$A_i = \beta \cdot \frac{r_o}{R_L + r_o}$
$A_v = \beta \cdot \frac{R_L \cdot r_o}{r_i(R_L + r_o)}$
$A_p = A_i \cdot A_v$
$P_i = U_{CE} \cdot I_C$

مقاومة الدخول للتيار المستمر R_i :
مقاومة الدخول للتيار المتردد r_i :
مقاومة الخروج للتيار المستمر R_o :
مقاومة الخروج للتيار المتردد r_o :
تضخيم التيار المتردد (محلا) :
تضخيم الجهد المتردد (محلا) :
تضخيم القدرة :
القدرة المفقودة في المجمع :

تطبق للتيارات الصيغة : $I_E + (-I_B) + (-I_C) = 0$
وتطبق للجهود الصيغة : $-U_{BE} + (-U_{CB}) = -U_{CE}$

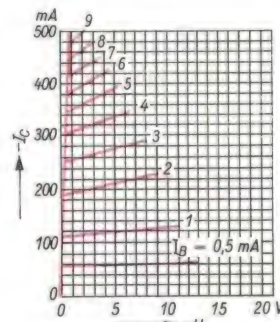
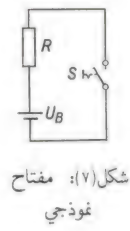
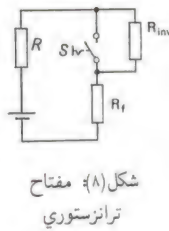
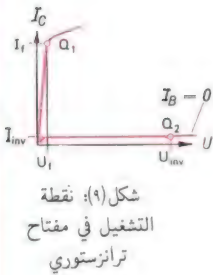
$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$	$B = \frac{I_C}{I_B}$
معامل تضخيم التيار المتردد	معامل تضخيم التيار المستمر

منحنيا الخواص التمثيليان للترانزستور :

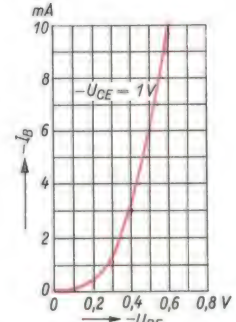
أ (يبين شكل (٢) العلاقة بين تيار القاعدة وفرق الجهد بين القاعدة والباعث .

ب (يبين شكل (٤) العلاقة بين تيار المجمع وفرق الجهد بين المجمع والباعث .

ويلاحظ أن الترانزستور لا يعتبر مفتاحا نموذجيا (انظر الشكلين ٨، ٧)



شكل (٤)



شكل (٢)

Q = Quiescent point
f = forward
inv. = inverse

وتبين نقطتا التشغيل Q_1 و Q_2 في الشكل (٩) ، الترانزستور وهو في حالة توصيل وفي حالة لا توصيل .

$P_{inv} = I_{inv} \cdot U_{inv}$	$P_f = I_f \cdot U_f$	$P_s = \frac{1}{3} I_f \cdot U_{inv}$
القدرة أثناء حجز التيار	القدرة أثناء مرور التيار	قدرة التوصيل

استخدامات الترانزستور :

يستخدم الترانزستور للأغراض التالية :

- ١ - كمضخم Amplifier للتيار المستمر (مفاتيح التحكم في الإضاءة مثلا) .
- ٢ - كمضخم للتيار المتردد (مضخمات التردد العالي والتردد المنخفض مثلا) .
- ٣ - كمفتاح إلكتروني (الوصل بدون ملامسات بتردد وصل عال) .

٦٧ - ١ إذا كان لترانزستور ما، عند نقطة التشغيل المختارة، تيار مجمع قدره $(-I_C = 10 \text{ mA})$ وتيار قاعدة قدره $(-I_B = 150 \mu\text{A})$. ما مقدار تيار الباعث I_E بوحدة (mA)؟

٦٧ - ٢ يسمح للترانزستور AC 117 عند $(-U_{CE} = 6 \text{ V})$ بتيار مجمع قدره $(-I_C = 50 \text{ mA})$ (طبقا للبيانات المميزة) ويبلغ معامل تضخيم التيار المستمر $B = 83,5$. ما مقدار تيار القاعدة $(-I_B)$ وتيار الباعث I_E بوحدة (mA)؟

٦٧ - ٣ إذا كانت البيانات المميزة التالية للترانزستور AD 138 هي:

$-U_{CE} = 1,5 \text{ V}$, $-I_C = 5 \text{ A}$, $-U_{BE} = 0,7 \text{ V}$, $B = 42$ ما مقدار الجهد بين المجمع والقاعدة؟ ما مقدار تيار القاعدة $(-I_B)$ وتيار الباعث I_E كم تبلغ القدرة المفقودة على المجمع؟

٦٧ - ٤ إذا كانت البيانات المميزة للترانزستور AF 139 هي:

$-U_{CE} = 6 \text{ V}$, $-I_C = 2 \text{ mA}$, $-I_B = 40 \mu\text{A}$ اوجد معامل تضخيم التيار المستمر للترانزستور؟

٦٧ - ٥ قيست القيم التالية في دائرة ترانزستور فكانت: $U_B = 9 \text{ V}$, $-U_{CE} = 2 \text{ V}$, $-U_{BE} = 100 \text{ mV}$, ومقاومة المجمع R_L بلغت $3,3 \text{ k}\Omega$. ما مقدار تيار المجمع $(-I_C)$ ؟

٦٧ - ٦ ما هي القيم التي تأخذها مقاومة الدخول للتيار المستمر للترانزستور الذي يمثل الشكل (٢) ص (١٦١) منحني خواص دخوله عند القيم التالية:

(أ) $-U_{BE} = 200 \text{ mV}$ (ب) $-U_{BE} = 400 \text{ mV}$ (ج) $-U_{BE} = 550 \text{ mV}$ تؤخذ القيم الناقصة واللازمة للحساب من منحني الخواص. ما معنى النتائج الثلاثة؟

٦٧ - ٧ يراد تعيين مقاومة الدخول للتيار المتردد لنفس الترانزستور (المذكور في المسألة السابقة). كنقطة تشغيل افترضت: $(-U_{BE} = 0,4 \text{ V})$ ويوجد جهد متردد قيمته العظمى $0,1 \text{ V}$ عند الدخول. تؤخذ القيم الناقصة من منحني الخواص (شكل ٣).

٦٧ - ٨ يبين الشكل (٤) صفحة (١٦١) التمثيل البياني لمنحنيات الخواص لعلاقة الخروج للترانزستور المستخدم في المسألتين السابقتين. اوجد مقاومات الخروج للتيار المستمر عند:

$(-U_{CE} = 3 \text{ V})$ وعند تيارات القاعدة التالية:

(أ) $-I_B = 0,5 \text{ mA}$ (ب) $-I_B = 2 \text{ mA}$ (ج) $-I_B = 4 \text{ mA}$

(د) $-I_B = 6 \text{ mA}$ (هـ) $-I_B = 8 \text{ mA}$

اذكر المعلومات المستفادة من هذه النتائج؟

٦٧ - ٩ اوجد مقاومة الخروج للتيار المتردد للترانزستور الممثل في الشكل (٤) بصفحة (١٦١) عند:

$(-I_B = 5 \text{ A})$ ؟ (افترض للحساب أن: $\Delta U_{CE} = 1 \text{ V}$).

٦٧ - ١٠ إذا أعطيت مواصلة الخروج بالقيمة $\frac{1}{r_o} = h_{22}$ في جدول الترانزستور من أجل حسابات التضخيم. ما مقدار تضخيم التيار المتردد الذي يمكن الوصول اليه في الترانزستور AC 122، إذا بلغ معامل تضخيم التيار المتردد: $\beta = 100$ ، وبلغت مواصلة الخروج: $h_{22} = 50 \mu\text{S}$ وكانت مقاومة المجمع $R_L = 5,6 \text{ k}\Omega$ ؟

٦٧ - ١١ يراد تعيين تضخيم الجهد وتضخيم القدرة لنفس الترانزستور المذكور في المسألة السابقة، إذا بلغت مقاومة الدخول للتيار المتردد r_i القيمة $2 \text{ k}\Omega$.

٦٧ - ١٢ يراد استخدام ترانزستور القدرة BDY 16 كهفتاح كهربائي. فإذا أعطت الجداول قيم التشغيل التالية:

(قيم مرور أو سريان التيار): $I_C = 2,5 \text{ A}$, $U_{CE} = 2 \text{ V}$

(قيم حجز أو منع التيار): $I_C = 0,1 \text{ A}$, $U_{CE} = 60 \text{ V}$

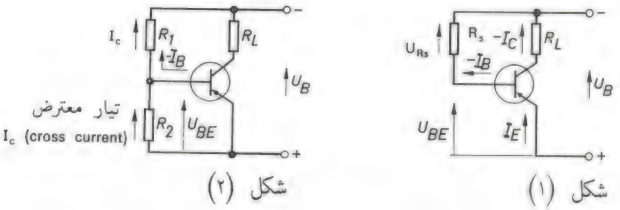
(أ) ما مقدار قدرة التوصيل وقدرة المرور وقدرة الحجز. (ب) متى يحتمل أن تكون سخونة خطرا على الترانزستور؟ في حالة مرور أم في حالة حجز التيار؟

٦٧ - ١٣ استخدمت في دائرة لتوليد جهد انحياز للقاعدة في الترانزستورات ذات مقاومات توال (شكل ١)، وذات مجزئات جهد (شكل ٢).

اوجد قيمة مقاومة التوالي R_E اللازمة لترانزستور بياناته هي:

$-I_B = 50 \mu\text{A}$, $U_B = 9 \text{ V}$; $-U_{BE} = 120 \text{ mV}$

(إرشاد للحل: $U_B = U_{BE} + U_{R_E}$)



٦٧ - ١٤ وصلت مقاومة توال قدرها $120 \text{ k}\Omega$ بدائرة ترانزستور بياناتها هي: $-U_{BE} = 0,3 \text{ V}$, $U_B = 6 \text{ V}$. لتوليد جهد انحياز للقاعدة. ما مقدار تيار القاعدة $-I_B$ ؟

٦٧ - ١٥ يراد اختيار دائرة مجزئ جهد لتوليد جهد القاعدة في ترانزستور ما. فإذا كان تيار القاعدة $150 \mu\text{A}$ ولزم أن يكون التيار المساعد في مجزئ الجهد $10 \cdot I_B$ ، كي لا تتغير نسبة التقسيم بسبب تيار القاعدة المتغير، وكان جهد التشغيل $U_B = 6 \text{ V}$ والجهد اللازم بين القاعدة والباعث $250 \mu\text{V}$. ما مقدار المقاومتين R_1 و R_2 ؟

($-I_B$ يمر في R_1 فقط)

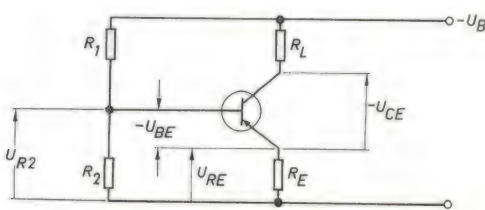
٦٧ - ١٦ أوجد التغير في الجهد بين القاعدة والباعث في دائرة الترانزستور المذكورة في المسألة السابقة، إذا زيد تيار القاعدة بمقدار 15%؟

٦٧ - ١٧ يراد حساب الدائرة المبينة بالشكل. وفيها تستخدم مقاومة الباعث R_E لتوفير الإنزان في درجة الحرارة بالترانزستور. فإذا كانت المعطيات هي:

$R_E = 200 \Omega$; $R_L = 3,3 \text{ k}\Omega$; $-I_C = 2 \text{ mA}$;

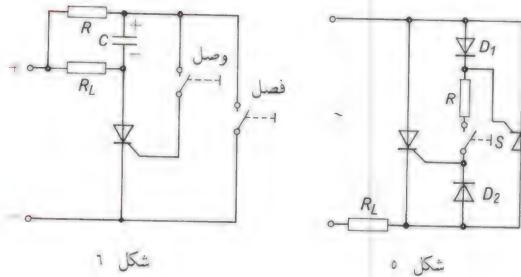
$-I_B = 50 \mu\text{A}$; $I_C = 5 \cdot I_B$; $-U_{BE} = 200 \text{ mV}$; $U_B = 12 \text{ V}$.

اوجد: U_{R_E} , U_{R_2} , $-U_{CE}$, R_1 , R_2



المقوم السليكوني القابل للتحكم (الدايود ذو الطبقات الأربع)

استخدام الثايرستور
يمكن استخدام الثايرستور كمفتاح قابل للتحكم فيه عن بعد .
يبين شكل (٥) إحدى إمكانيات التوصيل :

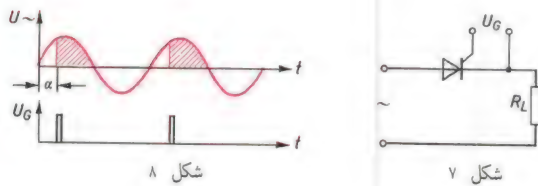


شكل ٦

شكل ٥

عند فصل المفتاح S ، يتوقف كلا الثايرستورين . وعندما تكون الدائرة مقفلة ، يكون الدايودان D_1 و D_2 مع R مجزئ جهد ، ويفتح كل منهما أحد الثايرستورين . ويبين شكل (٦) «قاطع تلامس للتيار المستمر» بدائرة فصل ذاتية فيقوم المفتاح «وصل» بفصل الثايرستور ويشحن المكثف C حتى يصل إلى جهد الشبكة . ويقوم المفتاح «فصل» بتوصيل C على الكاثود . ويكفي هذا لإطفاء الثايرستور .

ويجد الثايرستور أكبر انتشار له ، كمقوم قابل للتحكم في دوائر التيار المتردد ، إذ يمكن عن طريق زحزحة مجموعة الإشعال (التحكم بتقاطع الطور) التحكم في الحمل من صفر حتى الحمل الكامل ، ويبين الشكلان (٧) و (٨) الظروف السائدة في دائرة تيار بسيطة .

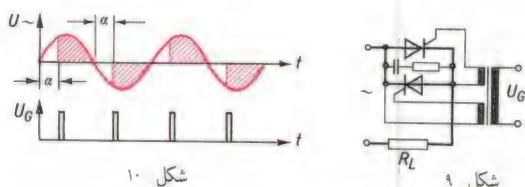


شكل ٨

شكل ٧

يمكن زحزحة مجموعة الإشعال من $\alpha=0^\circ$ حتى $\alpha=180^\circ$. ويكون جهد الحمل المؤثر على R_L عندئذ هو المتوسط الحسابي للمساحة المظللة فقط (مقسومة على فترة واحدة) .

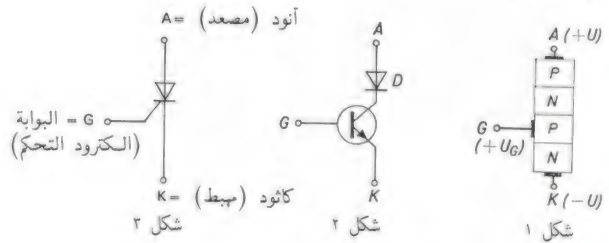
يستخدم في دائرة التوازي المتضاد نصفاً الموجة (الشكلان ٩، ١٠) . ولما كان الكاثود والأنود موصلين على التوازي معاً ، فإنه يجب استخدام محول نبضات يوصل على التوازي مع الثايرستور بتوصيل توال يتكون من مقاومة ومكثف ، لحماية الثايرستور من الأحمال ذات الجهد العالي في حالة التحميل الحثي .



شكل ١٠

شكل ٩

المقوم السليكوني القابل للتحكم (الثايرستور) ، هو مجموعة من طبقات شبه موصلة من P و N معالجة (شكل ١) مع إلكترود إضافي للتحكم .



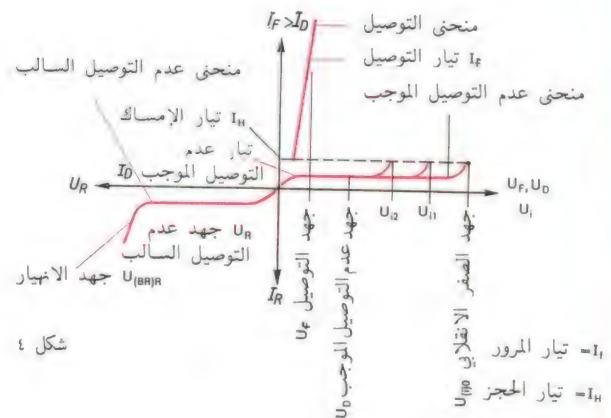
شكل ٣

شكل ٢

شكل ١

يعطي تتابع الطبقات ترانزستور NPN مع دايود موصلين على التوالي (شكل ٢) . فإذا لم يوجد أي جهد موجب على البوابة فإن تتابع الطبقات هذا يكون لا موصلاً (حاجزاً) . ويصبح «الترانزستور» موصلاً عند وضع جهد إضافي على البوابة ويكون الدايود D على أية حال موصلاً في الاتجاه الأمامي . ويبين شكل (٣) الرمز الموحد للثايرستور .

ويمثل شكل (٤) المنحنى الخصائصي للثايرستور . وعند جهد معين (جهد الانقلاب) على الأنود يصبح الثايرستور موصلاً وتكون مقاومته حينئذ صغيرة ويمر به تيار توصيل كبير عند جهد توصيل صغير . ويتوقف عن التوصيل ثانية عند : $I_F < I_H$

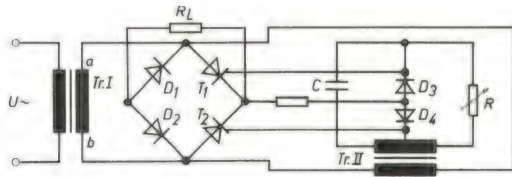


شكل ٤

إذا لم يوجد أي جهد على البوابة ، فإن الثايرستور ينقلب إلى حالة التوصيل عند U_{i0} وينتج جهداً الانقلاب U_{i1} و U_{i2} عند تيارين تحكم مختلفين في البوابة .

	$\sum I_G$	$\sum \Delta U_G$	$\sum U_{Rmax}$	$\sum I_T$	$\sum U$	$\sum I_{G0}$
الطرار						
BTX18/300	<0,005	0,2...2	300	1	1,5	350
BTY87/500 R	<0,065	0,25...3,5	500	8,2	3	500
BTX13/600 R	<0,050	0,25...3	600	22	3,5	600
BTY95/800 R	<0,080	0,25...3	800	32	3,3	800
BTX49/1400R	<0,100	0,25...3	1400	60	3,5	1300
BTX41/1800R	<0,300	0,15...3	1800	175	1,5	1800

٦٨-٦ احسب أقل جهد مطلوب لبطارية لكي يبلغ جهد إشعال الثايرستور 2V والقيمة الفعالة للجهد المتردد 0,5V؟
٦٨-٧ أمثلة أخرى للاستخدامات: تحكم الإضاءة في المصابيح:

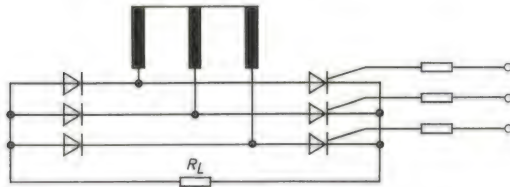


شكل ٦٨-٧-١

يتم التحكم في قنطرة المقومات بواسطة الدائرة المبينة في شكل ٦٨-٧-١. عين الدايودات والثايرستورات الموصلة والحاجزة: (أ) أثناء نصف الموجة الموجب (ب) أثناء نصف الموجة السالب عند النقطة a بالمحول I بالشكل ٦٨-٧-١.

مقوم التيار ثلاثي الأطوار المتحكم فيه

تتميز الدائرة القنطرية المبينة في الشكل ٦٨-٧-٢ بصغر التوج المتبقي، وهي تلائم الدوائر المتحكم فيها. إلا أن هناك بعض الصعوبة في الإشعال إذ إنه من الضروري استخدام ثلاثة مولدات إشعال منفصلة عن بعضها البعض لكي تتراح زاوية التقاطع من 0° حتى 180°.

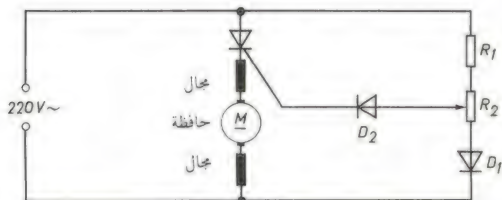


شكل ٦٨-٧-٢

التحكم في سرعة دوران المحركات الصغيرة:

تمثل الدائرة الموضحة في الشكل ٦٨-٧-٣ دائرة بسيطة للتحكم في المحركات. يتم تغيير زاوية الإشعال حتى 90° بواسطة المقاومة R2 وتعمل الدائرة بتشغيل نصف الموجة بتردد 50 Hz ويجب على الدايود D2 أن يمنع الزيادات في التحميل في مدى الجهد السالب على بوابة الثايرستور.

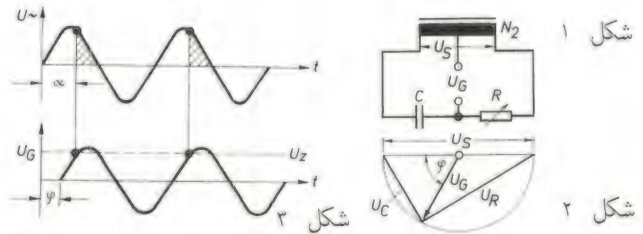
ويخفف D1 الحمل عن مجزئ الجهد في نصف المدة. ويمكن لدايود لحركة الطليقة (غير مرسوم هنا) والموصل على التوازي والمضاد للعضو الدوار، جعل القوة الدافعة الكهربائية لفصل الملفات نافعة.



شكل ٦٨-٧-٣

تقريبات

٦٨-١ يمكن ضبط مجموعة الإشعال بواسطة جهود مترددة أيضا. ففي القنطرة الطورية (شكل ١) المبينة، يتراح جهد الإشعال U_G بالنسبة لجهد التشغيل. وبين الشكلان (٢) و (٣) الرسم البياني للطور والرسم البياني للتغير مع الزمن. يمكن تغيير زاوية تقاطع الطور α بواسطة الدائرة (شكل ٣) من 0° حتى 170° (تحكم أفقي).



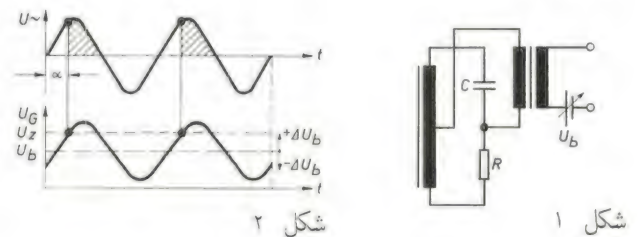
ما هي القيمة الواجبة للمقاومة R، إذا لزم الأمر أن تبلغ زاوية الطور φ في القنطرة 90° عند جهد متردد ذي $f=50\text{ Hz}$ وكانت سعة المكثف $3\mu\text{F}$ ؟
٦٨-٢ ما السبب في أن زاوية الطور φ لا تتغير من 0° حتى 180° بالمسألة السابقة؟

٦٨-٣ يراد توضيح العلاقة بين α و φ في قنطرة طورية، فإذا كانت زاوية الطور: $\varphi=30^\circ$ ، وكانت القيمة العظمى للجهد الثانوي الكلي على اللفيفة N_2 هي: $U_{\max}=6\text{ V}$ ، وجهد الإشعال للثايرستور 1,5V، ما مقدار زاوية تقاطع الطور α ؟
إرشاد للحل:

(أ) الحل بالرسم: انظر شكل ٢ في المسألة (٦٨-١)
(ب) الحل بالحساب: جهد الإشعال، هو قيمة على المنحنى الجيبي ذو القيمة العظمى: $U_{\max}=3\text{ V}$ ومحدد لزاوية معينة.

٦٨-٤ ما مقدار الجهود الجزئية على كل من R و C عند: $U_{s\max}=6\text{ V}$ و $\varphi=30^\circ$. يجب أن تكون النتيجة بالقيم الفعالة.

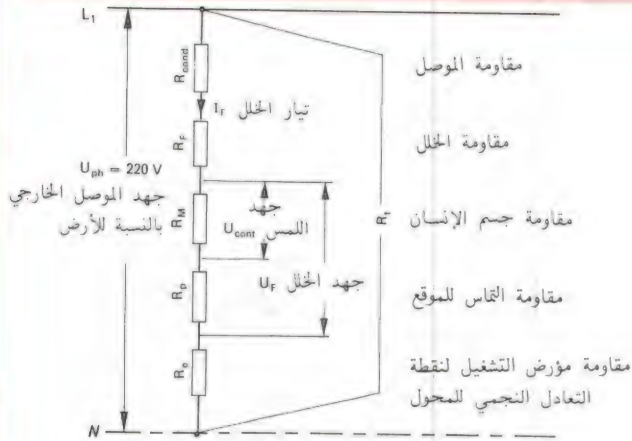
٦٨-٥ يمثل شكلا (١) و (٢) التحكم الرأسي في زاوية تقاطع الطور. يتصل جهد تحكم مزاح بزاوية طور معينة α على التوالي مع جهد مستمر يمكن تغييره بواسطة جهد البطارية «لرفع» و «خفض» الجهد المتردد.



(أ) استنتج من الشكل (٢) إلى أي زاوية تقاطع للطور φ بالتقريب يمكن إزاحة الحالة المرسومة؟

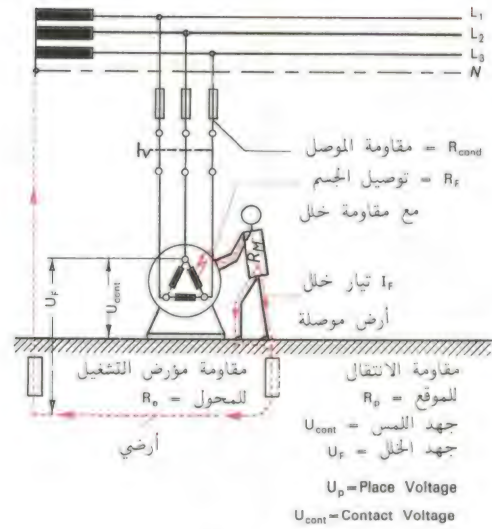
(ب) ما هي زاوية الطور φ التي يبدو أنها أنسب حالة للتحكم الرأسي؟ (زاوية التقاطع): $(\alpha=0^\circ \dots 180^\circ)$.

المقاومات في إجراءات الوقاية وتعريفها



بإهمال مقاومة الموصل ومقاومة الخلل نحصل على تيار الخلل ومقداره:

$$I_F = \frac{U_{ph} \text{ جهد الطور}}{R_M + R_P + R_E} = \frac{U}{1.73 R_M + R_P + R_E}$$

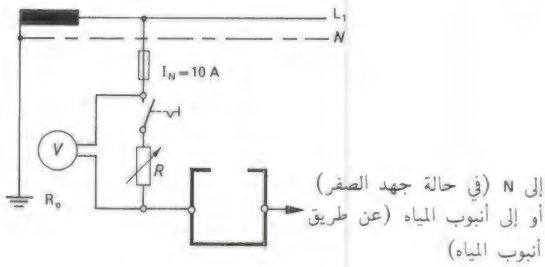


مقاومة الجسم R_M تبعا لمسار التيار:

- (أ) قدم - قدم: 6500Ω
(ب) يد - قدم: 4500Ω
(ج) يد - يد: 4000Ω
(د) يد - كلتا القدمين: 3000Ω
(هـ) كلتا اليدين - كلتا القدمين: 1800Ω

المقاومة الإطارية

عند تأريض الوقاية، مع وجود خط عودة لتيار الخلل عبر شبكة أنابيب المياه يجب اختبار مقاومة الإطار الموصل (مجموع مقاومات مؤرض التشغيل، ومؤرض الوقاية، والموصلات). ويلزم لقياس المقاومة الإطارية، مقاومة متغيرة وفولطمتر ذو مقاومة عالية.



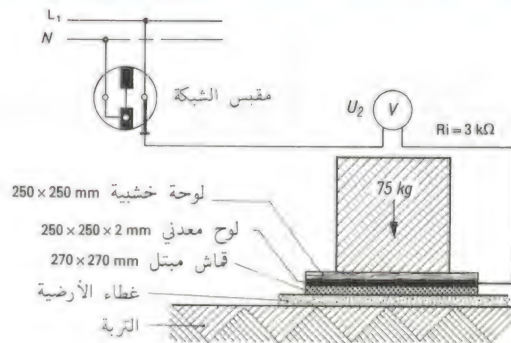
القياس: توصيل مقاومة R قيمتها حوالي 400Ω . فإذا لم ينخفض الجهد بعد توصيله في الدائرة إنخفاضاً شديداً، وجب إنقاص المقاومة المتغيرة R حتى 20Ω . فإذا كان U_2 هو الجهد المقاس على الفولطمتر و U_1 هو جهد الموصل الخارجي بالنسبة للأرض بدون تحميل، فإن المقاومة الإطارية R_1 تكون:

$$R_1 = R \cdot \left(\frac{U_1 - U_2}{U_2} \right) = \frac{U_1 - U_2}{I}$$

$$\leq \frac{U_o}{I_{Br}}$$

U_o = الجهد بالنسبة للأرض
 I_{Br} = تيار الفصل للمصهر.

اختبار مقاومة العزل:



يعتمد جهد التلامس U_{cont} على R_M وعلى R_P . ويمكن تعيين المقاومة الموضعية طبقاً لتعليمات (VDE 0100/12.65, § 24 N) بواسطة الدائرة المرسومة، وتكون كافية تماماً، إذا كان القياس عند ثلاثة مواقع اختبارية بأرضية الحجرة وعلى ألا تقل المقاومة الأرضية عند كل موقع عن $50 k\Omega$.

$$\frac{R_P}{R_i} = \frac{U_1 - U_2}{U_2}; R_P = R_i \frac{U_1 - U_2}{U_2}$$

$$R_P = R_i \left(\frac{U_1}{U_2} - 1 \right)$$

R_i = المقاومة الداخلية لجهاز القياس ($3 k\Omega \approx$)

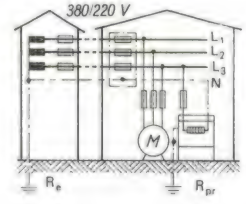
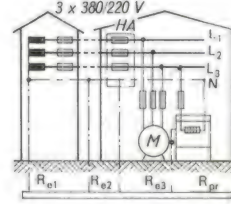
U_1 = جهد الشبكة بالنسبة للأرض

U_2 = الجهد المقاس عند ثلاثة مواقع على الأقل

R_P = المقاومة الموضعية.

تأريض الوقاية

في «تأريض الوقاية»: تؤرض أجزاء الأجهزة الموصلة وغير المنتمية لدائرة تيار التشغيل (R_{pr})، ويتم فصل الدائرة عند موضع حدوث الخلل عن طريق تيار الخلل المار في مصاهر التأمين الموصلة على التوالي.

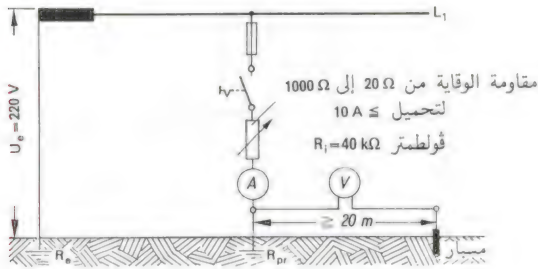


تأريض وقاية على شبكة أنابيب المياه.
يتم تفريغ تيار العودة الأرضي خلال شبكة أنابيب المياه وخلال الموصل المؤرض N .

تأريض وقاية ذو توصيلات أرضية منفصلة.
يتم تفريغ تيار العودة الأرضي خلال الأرض

مقاومة الأرض لانتشار (تشتت) الجهد

يلزم إجراء هذا القياس على تأريض الوقاية عند استخدام المؤرضات الذاتية، وعند اختبار الأرض لدوائر جهد الخلل FU ودوائر تيار الخلل FI للوقاية وللمؤرضات موصل التفرع النجمي ولأجهزة الوقاية من الصواعق والهوائيات. ويمكن إجراء القياس بواسطة أمبيرمتر وفولطمتر.

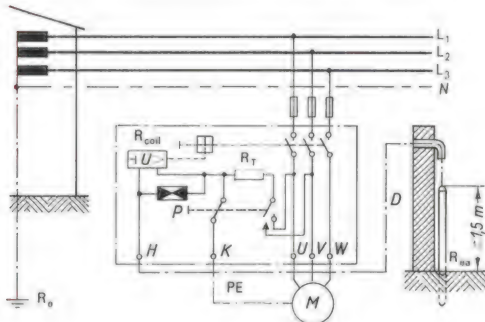


$$R_{pr} = \frac{U}{I}$$

يجب الحفاظ على الحد الأدنى للمسافة وقدره 20 m حتى لا يقع المسبار في النطاق المخروطي لتجمعات الجهد للتأريض المراد قياسه. ويجب أن يبلغ مجال قياس الأمبيرمتر 10 A. ويراعى أن تكون المقاومة الداخلية للفولطمتر 40 kΩ على الأقل. ويمكن أثناء القياس أن تنشأ جهود متدرجة عالية في نطاق دائرة قطرها 10 m حول المؤرض.

دائرة الوقاية من جهد الخلل (FU)

تفصل دائرة FU جميع الأقطاب لوقاية الجهاز المحتوي على خلل عند ظهور جهد تلامس عالٍ في 0,1 من الثانية من جميع أطرافه. كما تفصل الموصل N .



D = موصل التأريض المساعد المعزول

PE = موصل الوقاية (التأريض)

R_{ea} = مقاومة المؤرض المساعد، R_{coil} = مقاومة ملف FU ،

R_T = مقاومة الاختبار، I_{Br} = تيار الفصل لفتح FU (من

40 mA إلى 50 mA) U_F = جهد الخلل.

$$U_F = I_{Br} \cdot (R_{ea} + R_{coil})$$

$$R_{pr} = \frac{U_e}{I_{Br}} = \frac{U_e}{K \cdot I_N}$$

$$R_{pr} = \frac{65 V}{I_{Br}} = \frac{65 V}{K \cdot I_N}$$

تيار الفصل I_{Br}

تيار الفصل I_{Br} يقصد به المضاعفات K للتيار الإسمي I_N للمصهر الموصل على التوالي:

$$I_{Br} = K \cdot I_N$$

المعامل K	المجموعة
1,25	مفتاح حماية ذو فواصل دائرة قصر، يضبط على تيار الفصل I_R كبل وخط هوائي (شبكة ذات أربعة خطوط)، نهاية التوصيل للمنزل وخط التوصيل الرئيسي (خط توزيع الأحمال)
2,5	مفتاح وقاية خط توصيل للإستعمال المنزلي (DLP)
2,5	مفتاح وقاية خط التوصيل (LP)
3,5	مصاهر تأمين سريعة
3,5	مصاهر تأمين بطيئة ($\leq 50 A$)
5	مصاهر تأمين بطيئة ($\geq 60 A$)

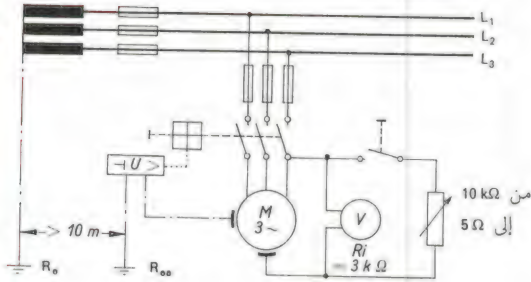
مساحة مقطع موصل الوقاية مصنوع من نحاس بوحدة (mm²)

25	16	10	6	4	2,5	1,5	الموصل الخارجي
16	16	10	6	4	2,5	1,5	PE في خط معزول
16	16	10	6	4	2,5	1,5	PE في كبل 1 kV
16	10	6	4	2,5	1,5	1,5	PE محمي (protected) بالوصل
16	10	6	4	4	4	4	PE غير محمي

اختبار مدى فاعلية دوائر FU ودوائر FI للوقاية

بالقياس عند أي جهد خلل قسري يفصل مفتاح FU الدائرة أو عند أي تيار خلل حدي يفصل مفتاح FI الدائرة ويبلغ أعلى جهد تلامس غير ضار :

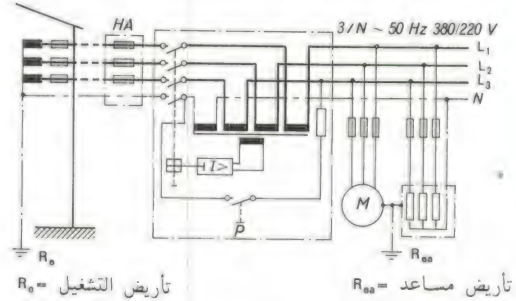
- (أ) لحماية الإنسان : 65 V
(ب) لحماية الحيوانات : 24 V



توضيح الدائرة المرسومة اختبار مدى فاعلية دائرة FU. وفي اختبار دائرة FI، تستخدم نفس دائرة القياس. ويمكن إحكام مراقبة تيار الخلل عن طريق توصيل أمبيرمتر في خط تأريض الجهاز المطلوب. وعلى سبيل المثال إذا بلغت قراءة الجهد في اختبار دائرة FU 195 V وكان الجهد بين أحد الموصلات الخارجية والأرض 220 V، كان جهد الخلل $220 V - 195 V = 25 V$.

دائرة الوقاية من تيار الخلل (FI)

تفصل دائرة الوقاية FI مقاومة الحمل عند ظهور جهد تلامس قدره 65 V، في مدى 0,1 من الثانية من جميع أقطابه كما تفصل الموصل N. وينتج الفصل بسبب تيار الخلل الذي ينقل كتيار فرقي خلال محول تجميع التيار وأيضاً عبر ملف تيار الخلل.

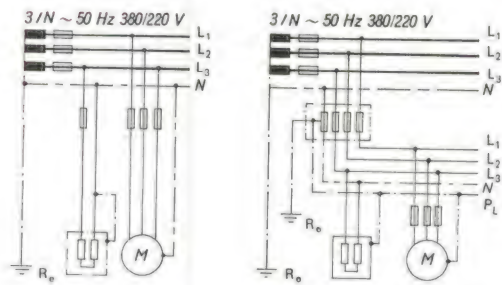


وتعتمد مقاومة المؤرض المساعد R_{ea} على أعلى جهد تلامس ($U_{cont} = 65 V$) وعلى تيار الفصل (تيار الخلل الإسمي أو تيار الخلل الحدي) لمفتاح FI
(تيار الفصل : 3 A, 1 A, 0,5 A, 0,3 A)

$$R_{ea} = \frac{U_{cont}}{I_{Br}} = \frac{65 V}{I_{Br}}$$

التعادل (تأريض الوقاية المتعدد).

عند حدوث توصيل بجسم الجهاز ينفصل موضع الخلل بواسطة تيار الخلل الذي يؤدي إلى انصهار المصهر الموصل مع الشبكة على التوالي.



التأريض المباشر

تأريض متعدد باستخدام موصل حماية PL منفصل

المقاومة النوعية للأرض، مقاومة الانتشار في طبقات الأرض

الجدول I : المقاومة النوعية للأرض $\rho (\Omega \cdot m)$ (القيم المتوسطة)

نوع الأرض (الترية)	رمز	رمز	رمز	رمز	رمز	رمز
أراضي مستنقعات	أراضي صلبة	أراضي زراعية	أراضي زراعية	أراضي زراعية	أراضي زراعية	أراضي زراعية
30	100	200	500	1000	3000	3000
0,3	1	2	5	10	30	30

الجدول II : مقاومة الانتشار R_i عند $\rho_1 = 100 \Omega \cdot m$ (أراضي صلبة زراعية)

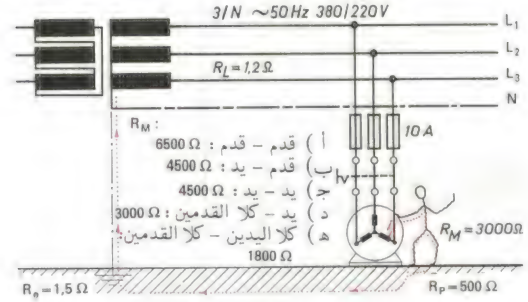
نوع ومقاسات	نوع ومقاسات	نوع ومقاسات	نوع ومقاسات	نوع ومقاسات	نوع ومقاسات	نوع ومقاسات
لوح عمودي	قضيب أو شريط أو حبل	أسطوانة	أسطوانة	أسطوانة	أسطوانة	أسطوانة
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0,5 x 11 x 1	10 25 50	1 2 3	10 25 50	10 25 50	10 25 50	10 25 50
35 25	70 40 30	35 25	70 40 30	35 25	70 40 30	35 25

عند حدوث دائرة قصر تام بين أحد الموصلات الخارجية والموصل N فيجب أن يمر تيار الفصل I_N :

$$I_N = I_{sh} \cdot K$$

$$I_N = \frac{I_{sh}}{K}$$

٦٩- ١ احسب مستعينا بالمعطيات والدائرة ومقاومات الجسم المختلفة للإنسان تيار الخلل I_F وجهد التلامس U_{cont} للمحرك غير المؤرض. ماهي النتيجة المستفادة؟



الحل لحالة التلامس (د) :

$$R = R_L + R_M + R_p + R_g =$$

$$= 1.2 \Omega + 3000 \Omega + 500 \Omega + 1.5 \Omega = 3502.7 \Omega$$

$$I_F = \frac{U_{ph}}{R} = \frac{220 V}{3502.7 \Omega} = 0.062 A$$

$$U_{cont} = I_F \cdot R_M = 0.062 A \cdot 3000 \Omega = 186 V$$

٦٩- ٢ في شبكة تيار ثلاثي الأطوار

$3/N \sim 50 \text{ Hz } 380/220 \text{ V}$ تم اختبار المقاومة الموضعية بواسطة فولتметр مقاومته الداخلية: $R_i = 5 \text{ k}\Omega$. وقد أعطى جهاز القياس القراءة: $U_2 = 42 \text{ V}$. احسب مقاومة العزل عند ذلك الموضع. وهل يفي هذا المكان بمتطلبات العزل؟

٦٩- ٣ عين مقاومة العزل لفرش أرضية إذا كانت الشبكة: $3/N \sim 50 \text{ Hz } 380 \text{ V}$; $R_i = 3 \text{ k}\Omega$ وكانت قراءات الجهد عند قياس الجهد U_2 في ثلاثة مواقع هي:

(أ) 8.5 V (ب) 9.7 V (ج) 11 V

٦٩- ٤ ماهي القيمة التي لا يسمح للجهد المقاس U_2 بتجاوزها عند القياس بفولتметр ذي $R_i = 3 \text{ k}\Omega$ عند: (أ) $U_1 = 220 \text{ V}$ بالنسبة للأرض (ب) $U_1 = 110 \text{ V}$ بالنسبة للأرض، إذا أريد أن تكون المقاومة الموضعية للأرض كافية؟

٦٩- ٥ بيانات المصنع لمقاومة العزل لفرش الأرضية المصنوع من مادة PVC هي 200 kΩ وعندما كانت: $U_1 = 220 \text{ V}$; $R_i = 10 \text{ k}\Omega$ أعطى القياس القيمة: $U_2 = 11 \text{ V}$. هل معطيات المنتج صحيحة؟

٦٩- ٦ تم تأمين دائرة تيار كهربائية ذات $U_e = 220 \text{ V}$ (الجهد بالنسبة للأرض) بواسطة مصهر تأمين 10 A. عين أقصى مقاومة إطارية مسموح بها للشبكة.

الحل :

$$R_i = \frac{U_e}{I_{Br}} = \frac{U_e}{I_N \cdot K} = \frac{220 V}{10 A \cdot 3.5} = \frac{220}{35} \Omega = 6.28 \Omega$$

٧٠- ١ احسب مستعينا بالجدول التالي أقصى مقاومة إطارية مسموح بها R_i لدوائر تيار التشغيل بمختلف أنواع التأمين، بواسطة المعامل K المستخرج من الجدول. وإذا بلغ الجهد U_e بالنسبة للأرض 110 V أو 220 V، عين تيار دائرة القصر I_{sh} عند نهاية خط التوصيل أو عند الحمل مستعملا الصيغة الرياضية:

$$I_{sh} = \frac{U_e}{R_i}$$

وسيلة الفصل	الجهد U_e	التيار الإسمي I_N
(أ) مصهر تأمين	220 V	بطيء 25 A
(ب) مصهر تأمين (خط رئيسي)	110 V	35 A
(ج) مفتاح تأمين الخط الرئيسي (MLP)	220 V	10 A
(د) مصهر تأمين	110 V	سريع 25 A
(هـ) مفتاح تأمين الخط	220 V	10 A
(و) مفتاح وقاية	220 V	20 A

٧٠- ٢ احسب مقاومة تأريض الوقاية في حالة مرور خط العودة خلال الأرض إذا كان التيار الإسمي:

(أ) لمصهر التأمين $I_N = 10 \text{ A}$ (ب) لمفتاح (MLP) $I_N = 10 \text{ A}$

٧٠- ٣ ما هو المقدار المسموح به لمقاومة تأريض الوقاية (المقاومة الإطارية) عند مرور خط عودة التيار خلال شبكة أنابيب المياه، بحيث تكون القيم في المسألة السابقة هي الحد الأقصى؟

٧٠- ٤ عين، من الجدول التالي، أعلى مقاومة تأريض مسموح بها لمفتاح FI.

جهد التلامس	تيار الفصل	التيار الإسمي
(أ) 24 V	0.3 A	25 A
(ب) 24 V	0.5 A	25 A
(ج) 24 V	1.0 A	40 A
(د) 24 V	3.0 A	60 A

٧٠- ٥ يحتاج مفتاح FU ذو $R_{coil} = 500 \Omega$ إلى تيار فصل قدره 40 mA. وتبلغ المقاومات R_{oa} (التأريضات المساعدة): (أ) 100 Ω (ب) 200 Ω (ج) 400 Ω (د) 700 Ω (هـ) 800 Ω. عند أي جهد خلال يفصل ملف FU؟

٧٠- ٦ تم تأمين جهاز ذو تأريض حماية متعدد بمصهر 25 A. عين تيار الفصل I_{Br} (أقل تيار دائرة قصر).

٧٠- ٧ يبلغ أقل تيار دائرة قصر في تركيبة حمل ($K=3.5$) في حالة تأريض الوقاية المتعدد 122 A. ما هو المقدار المطلوب للتيار الإسمي لمصهر التأمين الموصل على التوالي؟

٧٠- ٨ ما مقدار مقاومة الانتشار بالألواح الأرضية R لمؤرض أنبوبي طوله 2 m في رمال رطبة؟ كم مؤرضاً أنبوبياً منفصلاً يلزم لمقاومة كلية قدرها 15 Ω؟

الحل :

$$R_i = 40 \Omega \text{ (من الجدول II)}$$

$$R = R_i \cdot r = 40 \Omega \cdot 2 = 80 \Omega \text{ (معامل النسبة r من الجدول I)}$$

$$n = \frac{R}{R_i} = \frac{80}{15} \approx 6 \text{ أي تناظر ستة أنابيب مؤرضات منفصلة}$$

٧٠- ٩ كم مؤرضاً شريطياً أو حبلية معدنية طول كل منها 25 m، تلزم لمقاومة أرض قدرها 10 Ω في حصى رطب ذي $\rho = 500 \Omega \cdot m$ ؟

٧٠- ١٠ ما مقدار مقاومة الانتشار لمؤرض لوشي أبعاده 1 m × 1 m، في أرض صلصالية؟

كم لوحا يجب ادخالها عمودية في الأرض، إذا كانت المقاومة المطلوبة هي: $R_e = 5 \Omega$ ؟

رموز الصيغ الرياضية ووحدات الكميات المستخدمة في هذا الكتاب

الكمية	رموز الصيغ الرياضية	الوحدة (SI)	مضاعفات وأجزاء الوحدة
الكميات الهندسية			
الطول	(length) l	m	km, dm, cm, mm, μ m, A°
المسافة	(distance) s	m	dm, cm, mm
العرض	(breadth, width) b	m	dm, cm, mm
الارتفاع	(height) h	m	dm, cm, mm
نصف القطر ، (ذراع الرافعة)	(radius) r	m	dm, cm, mm
القطر (قطر دائرة الخطوة)	(diameter) d, D	m	dm, cm, mm
الحيط	(circumference) U	m	dm, cm, mm
المساحة ، مساحة المقطع	(cross-sectional area, area) A	m^2	dm^2, cm^2, mm^2
المساحة السطحية	(surface area) A_s	m^2	dm^2, cm^2, mm^2
الحجم	(volume) V	m^3	hl, l, dm^3, cm^3, mm^3
الزاوية	(angle) α, β, γ	rad (=m/m=1)	درجة ($^\circ$) دقيقة (') ثانية (")
زاوية الطور	(phase angle) ϕ	rad	درجة ($^\circ$)
الكميات الزمنية وكميات الحيز والزمن			
الزمن ، المدة الزمنية ، الأمد	(time) t	s	(ساعة) h, (دقيقة) min
زمن الدورة	(periodic time) T	s	8760 h = (سنة) a, (يوم) d,
التردد	(frequency) f	Hz (=1/s)	GHz, MHz, kHz
التردد الزاوي	(angular frequency) ω	1/s	
سرعة الدوران (عدد الدورات في الدقيقة)	(rotational speed) n	r.p.m.	
سرعة دوران المجال ، سرعة الدوران التزامنية	(field frequency) n_f	Hz (=1/s)	
السرعة الزاوية	(angular velocity) ω	rad/s	rad/min
السرعة	(velocity) v	m/s	km/h, m/min
التسارع (التقاصر)	(acceleration) a		
	(deceleration) $(-a)$	m/s^2	cm/s^2
التصريف أو التيار الحجمي	(discharge) Q	m^3/s	l/h, l/s, m^3/h
الكميات الميكانيكية			
الكتلة	(mass) m	kg	t, g, mg
القوة	(force) F	N	MN, kN, daN
الوزن (الثقل)	(weight) G	N	MN, kN, daN
عزم الدوران ، عزم	(torque, nominal torque)		
الدوران الاسمي	M, M_N	Nm	kNm
عزم دوران بدء الحركة	(starting torque) M_{st}	Nm	kNm
عزم الدوران البادئ للحركة	(pull-up torque) M_p	Nm	kNm
عزم الدوران الانهباري	(breakdown torque) M_B	Nm	kNm
الشغل (الميكانيكي)	(mechanical work) W	Nm	
القدرة ، القدرة الاسمية	(power, nominal power) P, P_N	$\frac{Nm}{s}$	W, J/s, MNm/s, kNm/s,
			GW, MW, kW
الضغط	(pressure) p	(Pa=) N/m^2	daN/cm ² , N/cm ² , bar
اجهاد الشد أو الضغط	(tensile, compressive stress) σ	(Pa=) N/m^2	kN/cm ² , N/cm ² , kN/mm ² , N/mm ² ,
اجهاد القص أو اللي	(shear stress) τ	(Pa=) N/m^2	N/cm ² , kN/mm ² , N/mm ²

الكمية	رموز الصيغ الرياضية	الوحدة (SI)	مضاعفات وأجزاء الوحدة
الكثافة	(density) ρ	kg/m^3	$\text{t/m}^3, \text{kg/dm}^3, \text{g/cm}^3$
الوزن النوعي	(specific weight) γ	N/m^3	$\text{kN/dm}^3, \text{N/cm}^3$
ارتفاع التصريف	(head) h	m	
الكميات الحرارية			
درجة الحرارة	(temperature) T, Θ	K	$^{\circ}\text{C}$
كمية الحرارة	(heat quantity) Q	$(\text{Ws}) = \text{J}$	$\text{kWh}, \text{Wh}, \text{kJ}$
السعة الحرارية النوعية	(specific heat capacity) c	$(\text{Ws/kgK}) = \text{J/kgK}$	$\text{kWs/kgK}, \text{kJ/kgK}$
المعامل الحراري لتغير المقاومة الكهربائية	(thermal coefficient of electrical resistance) α	$1/\text{K}$	$1/^{\circ}\text{C}$
كميات هندسة الاضاءة			
التدفق الضوئي	(light flux) Φ	lm	Mlm, klm
شدة الإضاءة	(illumination intensity) E	lx	klx
الكميات المغناطيسية			
التدفق المغناطيسي	(magnetic flux) Φ	Wb	$\text{mVs}, \mu\text{Vs}, \text{Vs}$
شدة المجال المغناطيسي	(intensity of magnetic field) H	A/m	A/mm
المحثة	(inductance) L	H	
الانفاذية	(permeability) μ	$(\text{Vs/Am}) = \text{H/m}$	$\mu\text{H/mm}$
ثابت المجال المغناطيسي	(magnetic field constant) μ_0	$(\text{Vs/Am}) = \text{H/m}$	$\mu\text{H/mm}$
كثافة التدفق المغناطيسي	(density of magnetic flux) B	$(\text{Vs/m}^2) = \text{T}$	$\text{Vs/mm}^2, \text{Wb/m}^2$
المواصلة المغناطيسية	(magnetic conductance) Λ	$(\text{Vs/A}) = \text{H}$	μH
الكميات الكهربائية			
أ - الكميات الأساسية			
شدة التيار الكهربائي	(electric current intensity) I	A	$\text{mA}, \mu\text{A}$
الجهد الكهربائي	(electric voltage) U	V	$\text{kV}, \text{mV}, \mu\text{V}$
المقاومة الكهربائية	(electric resistance) R	Ω	$\text{M}\Omega, \text{k}\Omega$
المواصلة الكهربائية	(electric conductance) G	S	$\text{kS}, \text{mS}, \mu\text{S}$
الموصلية الكهربائية	(electric conductivity) κ	S/m	$\frac{\text{Sm}}{\text{mm}^2}, \frac{\text{m}}{\Omega\text{mm}^2}, \text{S/cm}$
المقاومة الكهربائية النوعية	(specific electric resistance) ρ_{20}	Ωm	$\mu\Omega\text{mm}^2/\text{m}, \mu\Omega\text{m}, \Omega\text{cm}$
كثافة التيار الكهربائي	(electric current density) S	A/m^2	A/mm^2
وصلية التدفق المغناطيسي	(magnetic linkage flux) Θ	A	mA
كمية الكهرباء ، الشحنة الكهربائية	(electric charge) Q	$(\text{As}) = \text{C}$	
كثافة الشحنات	(electric flux density) D	$(\text{As/m}^2) = \text{C/m}^2$	
شدة المجال الكهربائي	(electric field intensity) E	$(\text{N/As}) = \text{V/m}$	V/mm
السعة الكهربائية	(electric capacity) C	$(\text{As/V}) = \text{F}$	$\text{pF}, \text{nF}, \mu\text{F}$
ثابت العازل الكهربائي	(dielectric constant) ϵ	F/m	
ثابت المجال الكهربائي	(electric field constant) ϵ_0	F/m	
القوة الدافعة الكهربائية	(electromotive force) E	V	mV
جهد الأطراف	(terminal voltage) U_{ter}	V	mV
الشغل الكهربائي	(electrical work) W	Ws	kWh, Wh
القدرة	(power) P	W	$\text{GW}, \text{MW}, \text{kW}, \text{mW}$
مقاومة ساخنة	(hot resistance) R_h	Ω	

ب - الكميات الفرعية

Ω	(cold resistance) R_c	المقاومة الباردة
Ω	(series resistance) R_s	مقاومة توال
Ω	(parallel resistance) R_p	مقاومة تواز
Ω	(total resistance) R_t	المقاومة الكلية
Ω	(internal resistance) R_i	مقاومة داخلية
Ω	(external resistance) R_{ex}	مقاومة خارجية
Ω	(brushes resistance) R_B	مقاومة الفرش
Ω	(battery resistance) R_b	مقاومة البطارية
Ω	(reference resistance) R_r	مقاومة اسنادية (للمقارنة)
Ω	(pole winding resistance) R_{pole}	مقاومة لفيفة الأقطاب
Ω	(compensation winding resistance) $R_{c.w.}$	مقاومة لفائف المعادلة
Ω	(armature winding resistance) R_a	مقاومة لفائف عضو الإنتاج
Ω	(variable resistance) R_v	مقاومة متغيرة
Ω	(conductor resistance) $R_{cond.}$	مقاومة الموصل
Ω	(place-resistance) R_p	مقاومة الموقع
Ω	(loop resistance) R_l	مقاومة اطارية
Ω	(motor resistance) R_{mot}	مقاومة المحرك
Ω	(coil resistance) R_{coil}	مقاومة الملف
Ω	(fault resistance) R_F	مقاومة الخلل
Ω	(test resistance) R_T	مقاومة اختبار
Ω	(rolling resistance) R_r	مقاومة تدحرج
Ω	(auxiliary earth res.) R_{ea}	مقاومة تأريض مساعد
Ω	(protection resistance) R_{pr}	مقاومة وقاية
A	(branch current) I_b	تيار الفرع
A	(parallel connection current) I_p	تيار مقاومة تواز
A	(total current) I_t	التيار الكلي
A	(short circuit current) I_{sh}	تيار دائرة القصر
A	(starting current) I_{st}	تيار البدء
A	(exciting current) I_{exc}	تيار الاثارة
A	(cross current) I_c	تيار معترض
A	(breaking current) I_{Br}	تيار الفصل
A	(releasing current) I_R	تيار الإطلاق (الاعتاق)
A	(forward current) I_f	تيار أمامي
A	(holding current) I_H	تيار الحجز
A	(fault current) I_F	تيار الخلل
V	(total voltage) U_t	جهد كلي
V	(conductor voltage) U_c	جهد الموصل
V	(mean discharging voltage) U_{dm}	جهد التفريغ المتوسط
V	(mean charging voltage) U_{chm}	جهد الشحن المتوسط
V	(exciting voltage) U_{exc}	جهد الاثارة
V	(highest voltage) U_H	الجهد الأعلى
V	(lowest voltage) U_L	الجهد الأدنى
V	(inverse voltage) U_{inv}	جهد عكسي (مضاد)
V	(breakdown voltage) U_B	جهد الانهيار
V	(fault voltage) U_F	جهد الخلل
V	(contact voltage) $U_{cont.}$	جهد التلامس (اللمس)
V	(nominal voltage) U_N	الجهد الاسمي

الكمية	رموز الصيغ الرياضية	الوحدة (SI)	مضاعفات وأجزاء الوحدة
--------	---------------------	-------------	-----------------------

مفقودات القدرة	(power losses) P_i	W	kW
القدرة المعطاة (الداخلية)	(input power) P_i	W	var, kVA, VA, kW, kvar
القدرة المستفادة	(output power) P_o	W	var, kVA, VA, kW, kvar
مكثف البدء	(starting condenser) C_{st}	F	
مكثف التشغيل	(operating condenser) C_{op}	F	

ج - كميات التيار المتردد وكميات الشبكة

تيار الطور (الوجه)	(phase current) I_{ph}	A	kW
جهد الطور (الوجه)	(phase voltage) U_{ph}	V	kW, VA, kVA, var, kvar
جهد نقطة التفرع النجمي	(star point voltage) U_Y	V	kW, VA, kVA, var, kvar
التيار الفعال	(active current) I_a	A	
التيار المفاعل	(reactive current) I_r	A	
الجهد الفعال	(active voltage) U_a	V	
الجهد المفاعل	(reactive voltage) U_r	V	
مقاومة فعالة	(active resistance) R_a	Ω	
المفاعلة	(reactance) X	Ω	
المعاوقة	(impedance) Z	Ω	
القدرة الفعالة	(active power) P	W	kW
القدرة المفاعلة	(reactive power) Q	W	kW, VA, kVA, var, kvar
القدرة الظاهرية	(apparent power) S	W	kW, VA, kVA, var, kvar

أعداد وكميات مختلفة

معامل الاحتكاك	(friction coefficient) μ	
الكفاية	(efficiency) η	
عدد الأسنان	(number of teeth) z	
نسبة نقل الحركة (السرعة) (للادارة الميكانيكية)	(transmission ratio) i	
عدد لفات الملف	(no. of windings [turns]) N	
نسبة التحويل (للمحولات)	(transformation ratio) t_r	
ثابت العازل النسبي	(relative dielectric constant) ϵ_r	
الانفاذية النسبية	(relative permeability) μ_r	
عدد أزواج الأقطاب	(no. of pole pairs) p	
معامل تضخيم التيار المستمر	(D.C. amplification factor) B	
معامل تضخيم التيار المتردد	(A.C. amplification factor) β	
معامل موازنة (استقرار)	(stabilization factor) S	
معامل الفصل	(switch-off factor) K	
اتساع فتحة المفتاح	(wrench size) SW	
مخروط	(cone) C	
نصف قطر القاعدة	(base radius) r_B	
نصف قطر الانتفاخ	(bulge radius) r_b	
الفائدة	(interest) I	
رأس المال	(capital) C	
سعر الفائدة	(percentage % = rate of interest) p	
القيمة (المبلغ) الأساسية (القيمة المنسوب إليها)	(basic value) b	
قيمة النسبة المئوية	(value of percentage) v	
ثابت العداد	(counter constant) C_c	
ملف نجمي مزدوج	(double star coil) DSC	
السرعة الابتدائية	(initial speed) n_B	

الكمية	رموز الصيغ الرياضية	الوحدة (SI)	مضاعفات وأجزاء الوحدة
--------	---------------------	-------------	-----------------------

السرعة النهائية	(final speed) n_E		
مكثف توهين	(smoothing condenser) C_s		
مخازنة مرشح	(filter inductor) L_f		
مكثف مرشح	(filter condenser) C_f		
الجهد الحدي (جهد الوصل)	(threshold voltage) U_s		
درجة الحرارة المحيطة	(ambient temperature) t_a		

ملحق أجنبي للمصطلحات الفنية

رقم الصفحة	الانجليزي	ألماني	عربي
			«أ»
١٥٦	forward direction	Durchlaßrichtung	اتجاه النفاذ (أمامي)
٨٠	excitation	Erregung	إثارة
	separate excitation	Fremderregung	إثارة خارجية (منفصلة)
٩	wage	Lohn	أجر
١٤	gross wage	Bruttolohn	أجر إجمالي
١٦٥	contact-safety precaution	Berührungsschutzmaßnahme	إجراء وقاية من خطر التلامس
١٦٩	tensile stress	Zugspannung	إجهاد شد
١٦٩	compressive stress	Druckspannung	إجهاد ضغط
٥	accident statistics	Unfallstatistik	إحصائيات الحوادث
١٦٥	insulation resistance test	Isolationswiderstandsprüfung	اختبار مقاومة العزل
٦	to reduce	kürzen	اختصر (اختزل)
٧٤٤ ٥٢	cross-section choice	Querschnittswahl	اختيار المقطع
١٤٢ ١٤٠			
٨٠	drive	Antrieb	إدارة (تشغيل)
١٣٨	gear drive	Zahnradantrieb	إدارة (تشغيل) بالتروس
١٣٨	wheel drive	Räderantrieb	إدارة (تشغيل) بالعجلات
١٣٦	flat belt drive	Flachriemenantrieb	إدارة بسير مسطح
١٣٦	V-belt drive	Keilriemenantrieb	إدارة بسير حرف - V (مخروطي)
١٣٦	belt drive	Riemenantrieb	إدارة بالسيور
١٣٨	worm gear and worm drive	Schneckenantrieb	إدارة بالدودة والترس الدودي
٤٢ ١٦	height	Höhe	ارتفاع
١٢١	head	Gefällhöhe	ارتفاع السقوط (هيدرولي)
١٣٤	conveying height	Förderhöhe	ارتفاع النقل (الرفع)
١٣	floor	Fußboden	أرضية
١٣٠ ٩٠	phase displacement	Phasenverschiebung	إزاحة الطور
٥	increase	Zunahme	ازدياد
١٥٩	voltage stabilization	Spannungsstabilisierung	استقرار (موازنة) الجهد
١٣	cement	Zement	أسمنت
١٨	derivation	Ableitung	اشتقاق
	sign	Vorzeichen	إشارة (علامة)
١٥	to lend	ausleihen	أقرض
٤٤	ampere	Ampère	أمبير
١٢	rule of proportion	Dreisatz	التناسب (حساب التناسب)
١٦٩	duration (time interval)	Zeitspanne	أمد (فترة زمنية)
١٤٢	three-phase three-conductors supply	Drehstromdreileiterversorgung	إمداد بثلاثة موصلات لتيار ثلاثي الأطوار
١٣	tube (pipe)	Rohr	أنبوبة (ماسورة)
١٦٧	propagation (diffusion)	Ausbreitung	انتشار
٨٠	permeability	Permeabilität	إنفاذية
٨٠	relative permeability	relative Permeabilität	إنفاذية نسبية
١٥	rent	Miete	إيجار
			«ب»
١١١	starting rheostat	Anlasser	بادئ الحركة
٢٦	prefix of unit	Vorsatz zur Einheit	بادئة الوحدة
٨	rest	Rest	باقي
٤٠	barrel	Faß	برميل

عربي	ألماني	انجليزي	رقم الصفحة
بسط	Dividend	dividend	٦
بكارة	Flaschenzug	tackle	٢٨
بكرة سير	Riemenscheibe	belt pulley	١٣٧
بوصة	Zoll	inch	٢٨
بيانات مميزة	Kenndaten	characteristic data	١٦٢
«ت»			
تأريض (معادلة)	Nullung (Erdung)	earthing (grounding)	١٦٧
تأريض وقاية	Schutzerdung	protection grounding	١٦٦
تبديل الصيغ الرياضية	Umstellen von Formeln	changing over (reformulation) of formulas	٢٠
تحديد - تعيين	Ermittlung	determination	٨
تحكم رأسي	Vertikalsteuerung	vertical control	١٦٤
تحليل كهربائي	Elektrolyse	electrolysis	٧٨
تحويل الجهد	Spannungswandlung	voltage transformation	١١٦
تحويل التيار	Stromwandlung	current transformation	١١٦
تدفق ضوئي	Lichtstrom	light flux	١٤٨
تدفق مغنطيسي	magnetischer Fluß	magnetic flux	٨٠
تراكم	Ansammlung	accumulation	١٥
ترانزستور	Transistor	transistor	١٦١
تراوح	Schwankung	fluctuation	١٦٠
تربة	Boden	soil	١٣
تردد	Frequenz	frequency	١١٢، ٩٠
تردد (سرعة دوران) العضو الدوار	Läuferfrequenz	rotor speed	١٢٦
تردد زاوي	Kreisfrequenz	angular frequency	
ترس (عجلة مسننة)	Zahnrad	gear wheel	١٣٨
تسارع (عجلة)	Beschleunigung	acceleration	٣٦
تسلا	Tesla	Tesla	١٦١
تسمية (تعريف)	Benennung	designation (definition)	٤
تسوية (توهين)	Glättung	smoothing	١٥٤
تشغيل بمحرك كهربائي	elektromotorischer Antrieb	electromotor drive	١٣٤
تشغيل المحولات على التوازي	Parallelbetrieb von Transformatoren	parallel-working of transformers	١٢٤
تعريف (سعر) الطاقة	Energietarif	energy tariff (rate)	٧٠
تعويض - معادلة	Kompensation	compensation	٩٨
تعيين (تحديد) المقاومة	Widerstandsbestimmung	determination of resistance	١٥٢
تغير التدفق	Flußänderung	change of flux	٨٤
تغير المقاومة	Widerstandsänderung	change of resistance	٥٨
تفويت (انزلاق)	Schlupf	slip	١٢٦
تقاصر	Verzögerung	deceleration (retardation)	٣٦
تقريب	Runden (Auf- oder Abrunden)	rounding (off or out)	٤
تقويم نصف الموجة	Einweggleichrichtung	half-wave rectification	١٥٤
تكاليف	Kosten	costs	٥
تكاليف الطاقة	Energiekosten	energy costs	٧٠
تكاليف سنوية	Jahreskosten	annual costs	٥
تكاليف كلية	Gesamtkosten	total costs	٥
تمثيل	Darstellung	representation	١٥٧
تموج متبق (باق)	Restwelligkeit	rest waviness (ripple)	١٦٤
تناسب	Proportion	proportion	٢٢

رقم الصفحة	انجليزي	ألماني	عربي
١٣	direct proportionality	direkte Proportionalität	تناسب طردي
١٣	indirect proportionality	indirekte Proportionalität	تناسب عكسي
١٠٢	delta connection interlinking	Dreieckverkettung	توحيد (ترابط) التوصيل المثلثي
١٢١	impulse turbine	Freistrahlturbine	توربين دفعي
١٤٦	current distribution	Stromverteilung	توزيع التيار
١٥٠	extension of measuring range	Meßbereichserweiterung	توسيع (زيادة) مجال القياس
٧٨	battery connection	Batterieschaltung	توصيل البطارية
٨٦	condensers' connection	Kondensatorschaltung	توصيل المكثفات
٩٦	A.C. parallel circuits	Parallelschaltung für Wechselstrom	توصيل على التوازي للتيار المتردد
٦٠	D.C. series circuits	Reihenschaltung für Gleichstrom	توصيل على التوالي للتيار المستمر
١٢٢	delta connection	Dreieckschaltung	توصيل مثلثي (توصيل دلتا)
٩٦	parallel-series or complex connection for alternating current	gemischte Schaltung für Wechselstrom	توصيل مركب (مختلط) للتيار المتردد
١٠٢	star connection	Sternschaltung	توصيل نجمي
٨٤	voltage (potential) generation	Spannungserzeugung	توليد الجهد
١٥٩	break-down current	Durchbruchstrom	تيار الإنهيار
١٢٨	starting current	Anlasserstrom	تيار البدء
١١٤	starting current	Anlaufstrom	تيار بدء (الدوران)
١٦٧	fault current	Fehlerstrom	تيار الخلل
٩٩	retaining or holding current	Haltestrom	تيار الحفظ
٧٨	charging current	Ladestrom	تيار الشحن
١٦٦	switching-off current	Abschaltstrom	تيار الفصل
١٦١	base current	Basisstrom	تيار القاعدة
١٦١	collector current	Kollektorstrom	تيار المجمع
١٥٦	forward current	Durchlaßstrom	تيار أمامي (النفاذ)
٦٤	branch current	Zweigstrom	تيار فرعي
١٠٠	active (effective) current	Wirkstrom (Effektivstrom)	تيار فعال
٩٦	reactive current	Blindstrom	تيار مفاعل
			«ث»
٨٦	dielectric constant	Dielektrizitätskonstante	ثابت العازل
٧٠	counter constant	Zählerkonstante	ثابت العداد
١٧٠	relative dielectric constant	Dielektrizitätszahl	ثابت العزل النسبي
١٧٠	electric field constant	elektrische Feldkonstante	ثابت المجال الكهربائي
١٧٠	magnetic field constant	magnetische Feldkonstante	ثابت المجال المغنطيسي
١٦٣	thyristor	Thyristor	ثايرستور
٨٢	air gap	Luftspalt	ثغرة هوائية
			«ج»
١٦	algebra	Buchstabenrechnen (Algebra)	جبر (حساب بالحروف الأبجدية)
٢٥	table (of figures)	Zahlentafel	جدول أعداد
٢٤	root	Wurzel	جذر
٢٥	square root	Quadratwurzel	جذر تربيعي
٤	addition	Addition	جمع
٤٥	multimeter	Vielfachmeßgerät	جهاز قياس متعدد الأغراض
١٠٦	terminal voltage	Klemmenspannung	جهد الأطراف
١٦٣	breakover voltage	Kippspannung	جهد الانقلاب
١٥٦	breakdown voltage	Durchbruchspannung	جهد الإنهيار
١٦٨	contact potential	Berührungsspannung	جهد التلامس
١٥٦	inverse (blocking) voltage	Sperrspannung	جهد الحجز (الجهد العكسي)

رقم الصفحة	الانجليزي	ألماني	عربي
١٥٤	nominal inverse voltage	Nennsperrspannung	جهد الحجز الإسمي
١٦٥	fault voltage	Fehlervoltage	جهد الخلل
٦٠	open-circuit voltage	Leerlaufspannung	جهد الدائرة المفتوحة
١٦٥	phase voltage	Strangspannung	جهد الطور (الوجه)
١٢٤	short-circuit voltage	Kurzschlußspannung	جهد دائرة القصر
١٥٦	forward voltage	Durchlaßspannung	جهد أمامي (النفاذ)
١١٥	operating voltage	Betriebsspannung	جهد تشغيل
٩٠	sine-form alternating voltage	sinusförmige Wechselspannung	جهد جيبي متردد
١٠٠	active (effective) voltage	Wirkspannung (Effektivspannung)	جهد فعال
١٦	voltage	elektrische Spannung	جهد كهربائي
٩٠	alternating voltage (potential)	Wechselspannung	جهد متردد
١٠٢	three-phase alternating potential	Dreiphasenwechselspannung	جهد متردد ثلاثي الأطوار
٩٤	reactive voltage	Blindspannung	جهد مفاعل
١٧٠	neutral (star point) voltage	Sternpunktspannung	جهد نقطة التفرع النجمي
٧٤	Joule	Joule	جول
١٤	sine (sin.)	Sinus	جيب (جا)
٨٨	cosine (cos.)	Cosinus	جيب تمام (جتا)
«ح»			
٤٥	light barrier	Lichtschranke	حاجز إضاءة
٨٤	induction	Induktion	حث (تأثير)
٨٤	self-induction	Selbstinduktion	حث (تأثير) ذاتي
٣٢	volume	Volumen	حجم
١٤	calculation of interests	Zinsrechnung	حساب الأرباح (الفوائد)
١٨	calculation with brackets	Klammerrechnen	حساب الأقواس
٤	addition and subtraction calculation	Strichrechnen	حساب الجمع والطرح
١٦	calculation by formulas	Formelrechnen	حساب بالصيغ الرياضية
٣٠	calculation of areas	Flächenberechnung	حساب المساحات
١٤	percent calculation	Prozentrechnen	حساب النسبة المئوية
١	technical calculation	Fachrechnen	حساب فني
١٥٧	arithmetic	arithmetisch	حسابي
٣٠	circular ring	Kreisring	حلقة دائرية
١٤٢	alternating current load	Wechselstromlast	حمل تيار متردد
«خ»			
٤	quotient	Quotient	خارج القسمة
٣٨	mechanical property	mechanische Eigenschaft	خاصية ميكانيكية
٥	place	Stelle	خانة
٤	rounding place (decimal)	Rundstelle	خانة التقريب
٤	decimal place	Dezimalstelle	خانة عشرية
١٢١	pump storage reservoir	Pumpspeicherbecken	خزان ضخ
١٥٠	indication error	Anzeigefehler	خطأ البيان (القراءة)
٧١	feed line	Zuleitung	خط تغذية
٥١	socket connection	Steckdosenleitung	خط توصيل المقبس
١٤٢	stub cable	Stichleitung	خط توصيل ذو حمل عند نهايته
١٤٨	planning of illumination	Beleuchtungsplanung	خطة الإضاءة
١٤١	plan of conductor installation	Leitungsinstallationsplan	خطة تركيب خطوط التوصيل
٣٥	pitch of coil	Wendelabstand	خطوة اللف

عربي	ألماني	الإنجليزي	رقم الصفحة
«د»			
دائرة الباعث	Emitterschaltung	emitter connection	١٦١
دائرة تذبذب	Schwingkreis	oscillatory circuit	٩٤
دائرة قصر	Kurzschluß	short circuit	٤٧
دائرة FU للوقاية من جهد الخلل	FU-Schutzschaltung	FU protection circuit	١٦٦
دائرة مغنطيسية	Magnetkreis	magnetic circuit	٨٢
دائرة مغنطيسية مركبة	zusammengesetzter Magnetkreis	compound magnetic circuit	٨٢
دالة مثلثية	Winkelfunktion	trigonometric function	٨٨
دايود رباعي الطبقات	Vierschichtdiode	four-layer diode	١٦٣
دايود زينر	Zenerdiode	Zener diode	١٥٧
درجة الحرارة الحدية	Grenztemperatur	limiting temperature	١٤٠
درجة (حرارة) مئوية	Celsius	centigrade	١٦
دسار (خابور)	Dübel	dowel	٣٥
دقة القياس	Meßgenauigkeit	accuracy of measurement	٤٢
دليل	Index	index	١٦
دوّار ذو حلقات انزلاقية	Schleifenringläufer	rotor with slip-rings	١٢٨
دوّار مقصر الدائرة	Kurzschlußläufer	short-circuit rotor	١٢٦
«ذ»			
ذراع رافعة	Hebelarm	lever arm	٣٨
«ر»			
رأس المال	Kapital	capital	١٤
راتب	Gehalt	salary	١٥
ربح	Gewinn	profit	٩
رُبع	Viertel	quarter	٦
رحلة (ملاحة) بحرية	Seefahrt	navigation	٢٨
رحلة جوية	Luftfahrt	flight	٢٨
رسم (مخطط) المتجهات	Vektorbild	vector diagram	١٢٤
رصيد	Guthaben	credit (balance)	١٥
رصيد التوفير	Sparguthaben	savings account	١٥
رقم الخانة	Stellenzahl	place number	
رقم عشري	Dezimalzahl	decimal figure	٤
رمز - علامة	Kurzzeichen	symbol	١٤
رمز حساب	Rechenzeichen	calculation symbol	٤
رموز الصيغ الرياضية	Formelzeichen	symbols of the formulas	١٦
رنين	Resonanz	resonance	٩٦
رنين التوالي	Reihenresonanz	series resonance	٩٤
ريع (حصيلة)	Ertrag	yield (profit, return)	١٤
«ز»			
زاوية	Winkel	angle	٣٦
زاوية الإزاحة	Verschiebungswinkel	displacement angle	٩١
زاوية التماس (السّير)	Umschlingungswinkel	contact angle (of belt)	١٣٦
زاوية الطّور	Phasenwinkel	phase angle	١٦٤
زاوية تقاطع الطّور	Phasenschnittwinkel	angle of phase intersection	١٦٤
١٧٩			

عربي	ألماني	انجليزي	رقم الصفحة
زمن - وقت	Zeit	time	١٥
زمن التسخين	Aufheizzeit	heating time	٧٥
زمن الذبذبة (الدورة)	Periodendauer	period time (time of oscillation)	٩١
زمن السفر	Fahrzeit	driving time	١٣
زمن الطيران	Flugzeit	flying time	١٣
زيادة (ارتفاع)	Erhöhung	increase	١٤
«س»			
سدّد	ausbezahlen	to pay in full	١٤
سرعة	Geschwindigkeit	speed (velocity)	٣٦
سرعة الدوران	Drehgeschwindigkeit	speed of rotation	٣٦
سرعة دوران المجال	Felddrehzahl	field rotational speed	١١٥
سرعة دوران مترامنة	synchrone Drehzahl	synchronous rotational speed	١٢٦
سرعة زاويّة	Winkelgeschwindigkeit	angular velocity	٣٦
سرعة محيطيّة	Umfangsgeschwindigkeit	circumferential velocity	٨٨
سطح	Oberfläche	surface	٣٢
سعر الشراء	Kaufpreis	buying price	١١
سعر الفائدة	Zinsfuß	rate of interest	١٤
سعة	Kapazität	capacity	٧٨
سعة حراريّة نوعيّة	spezifische Wärmekapazität	specific heat, thermal capacity	٧٤
سلك لف (ملف)	Wickeldraht	winding wire	٣٥
سير رفع (نقل)	Förderband	conveyor belt	١٣٥
سيمنر	Siemens	Siemens	٤٦
«ش»			
شحنة كهربائية	elektrische Ladung	electric charge	٨٦
شدة الإضاءة	Beleuchtungsstärke	intensity of illumination	١٤٨
شدة المجال الكهربائي	elektrische Feldstärke	intensity of electric field	٨٦
شدة تيار الطور (الوجه)	Strangstromstärke	phase current intensity	١٧٠
شرطة كسر	Bruchstrich	fraction line	٤
شريط تسخين	Heizband	heating tape	٣٣
شغل كهربائي	elektrische Arbeit	electric work	٧٨
شغل ميكانيكي	mechanische Arbeit	mechanical work	٣٨
شكل	Abbildung	figure	٤٠
«ص»			
صعود (انحدار - ميل)	Steigung	inclination	١٣
صورة	Bild	picture	٤١
صيغة رياضية	Formel	formula	١٦
«ض»			
ضرب	Multiplikation	multiplication	٤
ضغط	Druck	pressure	١٦
«ط»			
طرح (عملية طرح)	Subtraktion	subtraction	٤
طردي	gerade	direct	١٢

عربي	ألماني	انجليزي	رقم الصفحة
طول	Länge	length	٢٨
طول اللفيفة	Windungslänge	winding length	٣٤
طول الموجة	Wellenlänge	wave length	٩١
«ظ»			
ظل (ظا)	Tangens	tangent (tan.)	٨٨
ظل تمام (ظتا)	Cotangens	cotangent (cot.)	٨٨
«ع»			
عامل الحيز (ملء المعدن)	Füllfaktor	space factor	٣٤
عداد	Zähler	counter (meter)	٦
عداد كهربائي	Elektrizitätszähler	electric counter (meter)	٧٠
عدد (مقدار)	Anzahl	number (quantity)	١٤
عدد أزواج الأقطاب	Polpaarzahl	number of pole pairs	١٧٠
عدد أساسي	Grundzahl	basic number	٢٤
عدد الأسنان	Zähnezahl	number of teeth	١٣٨
عدد الدورات في الدقيقة	Drehzahl	revolutions per minute (r.p.m.)	١٦
عدد اللفات (اللفيفة)	Windungszahl	number of windings	١٧٠
عدد صحيح	ganze Zahl	integral number	٤
عدد صحيح وكسر	gemischte Zahl	heterogeneous number	٦
عرض	Breite	width	١٦
عزل	Isolierung	insulation (isolation)	٧٧
عزم التيار	Strommoment	current moment	١٤٢
عزم الدوران	Drehmoment	torque	٣٦
عزم الدوران البدئي	Anzugsmoment	starting torque	١١٤
عزم الدوران بادئ الحركة	Sattelmoment	pull-up torque	١٢٦
عزم دوران إسمي	Nenndrehmoment	nominal torque	١٣٣
عزم دوران المحرك	Motordrehmoment	motor torque	١٣٤
عزم دوران انهياري	Kippmoment	break down torque	١٢٦
عضو إنتاج	Anker	armature	١١٠
عضو دوّار بقفص سنجاب	Käfigläufer	cage rotor	١١٤
علامة التساوي	Gleichheitszeichen	equality sign (equal mark)	١٦
علبة	Kanister	can (canister)	١١
علبة (صندوق) تفرّيع	Abzweigdose	branch box (junction box)	٥١
علم القياس	Meßkunde	metrology	١٥٠
عمليات الحساب الأساسية	Grundrechenarten	elementary operations of arithmetic	٤
عمليات الضرب والقسمة (النقط)	Punktrechnen	multiplication and division calculations	٤
عيار (ونش) - مرفاع	Schleppwinde	tow winch	١٣٥
«غ»			
غلاية (مسخّن ماء)	Heißwasserbereiter (Boiler)	water heater (boiler)	٧٢
«ف»			
فائدة	Zins	interest	١٤
فاراد	Farad	Farad	٨٦
فترة الوصل النسبية	relative Einschaltdauer	relative duration of connection	١٢٨
١٨١			

عربي	ألماني	انجليزي	رقم الصفحة
فتيلة إضاءة	Leuchtfaden	conducting filament	٤٧
فتيلة (لصيفة) تسخين	Heizwendel	heating filament (coiled)	٦٧
فتيلة (سلك) تسخين	Heizdraht	heating wire	٧٧
فرض	Behauptung	assumption	١٢
فرق	Differenz	difference	٤
فرق الجهد	Spannungsunterschied	potential difference	١٤٢
فرن	Ofen	furnace	١٣
فرن عالي	Hochofen	blast furnace	١٣
فقد الاحتكاك	Reibungsverlust	friction loss	٣٩
فقد التخلفية	Hysteresisverlust	hysteresis loss	٨٣
فقد الجهد	Spannungsverlust	potential loss	٦٠
فك	auflösen	resolve	١٨
فوائد إضافية	Zinszuschlag	additional interest	
فولط - ثانية	Voltsekunde	volt-second	٨٠
فيثاغوراس	Pythagoras	Pythagoras	٣٠
«ق»			
قاعدة	Regel	rule	١٥
قاعدة ، أساس	Sockel	stationary base	١٣
قامطة ذات لولب	Schraubenklemme	screw clamp	٥١
قانون أوم للتيار المستمر	Ohmsches Gesetz für Gleichstrom	Ohm's law for D.C.	٤٦
قدرة إسمية	Nennleistung	nominal power	٥٠
قدرة التسخين	Heizleistung	heating capacity	٥٠
قدرة الحمل الكامل للمحرك	Motor-Vollastleistung	full-load power of the motor	١٣٤
قدرة ظاهرية	Scheinleistung	apparent power	٩٨
قدرة فعالة	Wirkleistung	active (effective) power	٩٨
قدرة مفاعلة	Blindleistung	reactive power	٩٨
قرض	Anleihe	loan	١٥
قسمة	Division	division	٤
قصاصة عديمة النفع	Verschnitt	waste	٢٩
قصدير	Zinn	tin	١٣
قضب (موصل) عمومي	Sammelschiene	bus bar (collection)	٥٤
قطر	Durchmesser	diameter	١٦
قطر دائرة الخطوة	Teilkreisdurchmesser	pitch diameter	١٣٨
قطعة	Stück	piece	٥
قلب حديدي	Eisenkern	iron core	٩٩
قنطرة (جسر) قياس	Meßbrücke	measuring bridge	١٥٢
قوس دائري	runde Klammer	round bracket	١٨
قوس مربع	eckige Klammer	square bracket	١٨
قوة	Kraft	force	٣٨
قوة (أس)	Potenz	exponent (power)	٢٤
قوة الرافعة	Hebelkraft	lever force	٤٠
قوة تنافر	Abstoßungskraft	repulsion force	١٠٨
قوة دافعة (محركة) كهربائية	EMK (elektromotorische Kraft)	electromotive force (emf)	٧٨
قوة دافعة كهربائية حثية	Induktions-EMK	inductive emf	٨٤
قوة دافعة كهربائية مضادة	Gegen-EMK	counter electromotive force	١٠٨
قوة شد	Zugkraft	pull force	٨٠
قوة شد الحبل	Seilzugkraft	rope pull force	١٣٥

عربي	ألماني	انجليزي	رقم الصفحة
قوة مغناطيسية	Magnetkraft	magnetic force	٨٠
قوى (أسس) العشرة	Zehnerpotenzen	decimal exponents	٣٦
قيمة أساسية (منسوب إليها)	Grundwert	basic value	١٤
قيمة الحانة	Stellenwert	place value	٤
قيمة الطور (الوجه)	Strangwert	phase value	١٠٢
قيمة الوصل	Schleusenwert	switch-on value	١٥٦
قيمة من الجدول	Tabellenwert	table value	٦
قيمة عظمى	Scheitelwert	maximum value	٩٠
قيمة فعالة	Effektivwert	effective value	٩٠
قيمة عظمى	Maximalwert	maximum value	٩٠
قيمة لحظة	Augenblickwert (Zeitwert)	instantaneous value	٩٠
قيمة مقلوبة	Reziprokwert	reciprocal value	١٥٩
قيمة نسبية	relativer Wert	relative value	١٨
قيمة نسبية مئوية	Prozentwert	percentage value	١٣
قيم التيار ثلاثي الأطوار	Drehstromwerte	three-phase current values	١٠٢
قيم المحوّل الإسمية	Trafo-Nennwerte	nominal values of transformer	١٢٢
«ك»			
كاوية لحام	Lötkolben	soldering copper or iron	٦١
كتلة	Masse	mass	٣٢
كثافة	Dichte	density	٣٢
كثافة التدفق المغناطيسي (الحث)	magnetische Flußdichte	magnetic flux density	١٧٠
كثافة التيار	Stromdichte	current density	٥٢
كثافة التيار الكهربائية	elektrische Stromdichte	electric current density	١٧٠
كسر	Bruch	fraction	١٠
كسر اعتيادي	gewöhnlicher Bruch	common fraction	٦
كسر حقيقي	echter Bruch	proper fraction	٦
كسر ظاهري	Scheinbruch	apparent fraction	٦
كسر عشري	Dezimalbruch	decimal (metric) fraction	٨
كسر غير حقيقي	unechter Bruch	improper fraction	٦
كسور متشابهة (متساوية المقام)	gleichnamige Brüche	fractions of the same denominator	٦
كسور مختلفة المقامات	ungleichnamige Brüche	fractions of different denominator	٦
كفاية	Wirkungsgrad	efficiency	٣٨
كفاية الإضاءة	Beleuchtungswirkungsgrad	efficiency of illumination	١٤٨
كفاية مصدر الإضاءة	Lichtausbeute	efficiency of a luminous source	١٤٨
كلفن	Kelvin	Kelvin	٥٨
كميات الشبكة	Netzgrößen	network quantities	١٧٠
كمية الحرارة	Wärmemenge	heat quantity	٧٤
كمية (مقدار) حرارية	thermische Größe	thermal quantity	١٦٩
كمية زمنية	Zeitgröße	time quantity	٣٦
كمية كهربائية	elektrische Größe	electrical quantity	١٧٠
كمية مقاسة	Meßgröße	measured (metered) quantity	٤٤
كمية هندسية	geometrische Größe	geometrical quantity	١٦٩
كهرومغناطيسية	Elektromagnetismus	electromagnetism	٨٠
كيلوواط ساعة	Kilowattstunde	kilowatt hour	٧٠
كيمياء كهربائية	Elektrochemie	electrochemistry	٧٨
«ل»			
لفة - لفيفة	Wicklung	winding	٣٤

١١٦	primary winding	Primärwicklung	لفّة ابتدائية
			«م»
١٣	direct	direkt	مباشر
٥	amount (sum)	Betrag	مبلغ
٣٩	parallelogram of forces	Kräfteparallelogramm	متوازي أضلاع القوى
٤	example	Beispiel	مثال
١٦	triangle	Dreieck	مثلث
٩٠	vector triangle	Zeigerdreieck	مثلث المتجهات
٤٤	measuring range	Meßbereich	مجال (مدى) القياس
٨٠	magnetic field	Magnetfeld	مجال مغنطيسي
١٦١	collector	Kollektor	مجمع
٤	sum	Summe	مجموع
٥	remaining amount (remainder)	Restsumme	مجموع باقى
١٤٠	loading group	Belastungsgruppe	مجموعة تحميل
١٥٤	L-C filter series	L-C-Siebketten	مجموعة مرشح مكثف - ملف
٨٤	inductance	Induktivität	محاثة
١١٤	single-phase motor	Einphasenmotor	محرك أحادي الطور
١١٤	alternating current motor	Wechselstrommotor	محرك تيار متردد
١٠٦	direct current motor	Gleichstrommotor	محرك تيار مستمر
١٢٦	three-phase asynchronous motor	Drehstrom-Asynchronmotor	محرك ثلاثي الأطوار لاتزامني
١٢٦	asynchronous motor	Asynchronmotor	محرك لاتزامني
١١٦	transformer	Transformator (Umspanner)	محوّل
٥٠	transformer (transducer)	Wandler	حوّل
١١٦	single-phase transformer	Einphasenumspanner	حوّل أحادي الطور
١٢٥	ignition transformer	Zündtrafo	حوّل الإشعال
١٥٠	current transformer	Stromwandler	حوّل التيار
١٥٠	voltage transformer	Spannungswandler	حوّل الجهد
١٢٢	three-phase transformer	Drehstromumspanner	حوّل ثلاثي الأطوار
١٢٥	bell transformer	Klingeltrafo	حوّل جرس
١٢٥	isolating transformer	Schutztrafo	حوّل حماية
٣٠	circumference	Umfang	محيط
٣٢	cone	Kegel	مخروط
٣٢	truncated cone	Kegelstumpf	مخروط ناقص
١٥٠	working diagram	Arbeitsdiagramm	مخطط عمل
١٤	reduced, decreased	vermindert	مخفّف (منقّص)
١١٣	oscillograph	Oszillograph	مرسمة تذبذبات (أوسيلوجراف)
١٣٥	magnetic crane	Magnetkran	مرفاع مغنطيسي (عيار)
٤٠	crank	Kurbel	مرفق
٧٨	accumulator	Sammler	مركم
١٤	increased (multiplied)	vermehrt	مزيد (مضاعف)
١٤٠	cross-section of the conductor	Leitungsquerschnitt	مساحة مقطع الموصل
١٣	distance	Abstand	مسافة (بعد)
١٣	consumer (load)	Verbraucher	مستهلك (حمل)
٧٤	heater	Heizgerät	مسخّن
٧٦	immersion heater	Tauchsieder	مسخّن غاطس
٧٩	continuous flow heater	Durchlauferhitzer	مسخّن تدفق مستمر

٤٢	slide rule	Rechenstab	مسطرة حاسبة
١٣	bolt, screw	Schraube	مسمار ملولب (برغي)
٣٥	spacing clamp	Abstandschelle	مشبك (قفيز) مسافات (مشبك خلوصي)
٥	budget	Haushaltsplan	مشروع ميزانية
٦٣	incandescent or glow lamp	Glühlampe	مصباح متوهج (إضاءة)
١٤٩	fluorescent lamp	Leuchtstofflampe	مصباح فلوري
١٤٠	fuse	Sicherung	مضهر
١٤	fuse (lead fuse)	Schmelzsicherung	مضهر انصهار
٢٨	multiple	Vielfaches	مضاعف
١٣	pump	Pumpe	مضخة
١٣٥	piston pump	Kolbenpumpe	مضخة ذات كباسات
١٦١	amplifier	Verstärker	مضخم (مكبر)
٤	subtrahend	Subtrahend	مطروح
٤	minuend	Minuend	مطروح منه
١٨	absolute	absolut	مطلق
٢٦	exponential equation	Potenzgleichung	معادلة أُسيّة
١٣٠	phase compensation	Phasenkompensation	معادلة الطور
١١٦	transformer main equation	Transformatorenhauptgleichung	معادلة المحوّل الرئيسية
٢٦	roots equation	Wurzelgleichung	معادلة تحتوي على جذور
٢٢	fraction equation	Bruchgleichung	معادلة كسريّة
١٧٠	coefficient of friction	Reibungszahl	معامل الاحتكاك
١٦١	amplification factor	Verstärkungsfaktor	معامل التضخيم
١٦٧	cut-off factor	Abschaltfaktor	معامل الفصل
٩٨	power factor	Leistungsfaktor	معامل القدرة
٥٢	material coefficient	Stoffzahl	معامل المادّة
١٦١	amplification factor of alternating current	Wechselstromverstärkungsfaktor	معامل تضخيم (تكبير) التيار المتردد
١٦١	direct current amplification factor	Gleichstromverstärkungsfaktor	معامل تضخيم (تكبير) التيار المستمر
٥٨	temperature coefficient	Temperaturbeiwert	معامل حراري
٩٢	reactance	Blindwiderstand	مفاعلة
٦	denominator	Nenner	مقام
٨	common denominator	Hauptnenner	مقام مشترك = مضاعف مشترك أصغر للمقامات
١٦٥	loop (slip) resistance	Schleifenwiderstand	مقاومة إطراريّة (إنزلاق)
١٦٦	earth resistance to voltage propagation	Erdausbreitungswiderstand	مقاومة الأرض لانتشار (تشتت) الجهد
١٦٧	propagation resistance	Ausbreitungswiderstand	مقاومة الانتشار
١٦٥	body resistance	Körperwiderstand	مقاومة الجسم
١٦٥	fault resistance	Fehlerwiderstand	مقاومة الخلل
٦٢	loss (wasteful) resistance	Verlustwiderstand	مقاومة الفقد
٥٢	conductor resistance	Leiterwiderstand	مقاومة الموصل
١٦٥	position resistance	Standortwiderstand	مقاومة الموقع
٦٠	series resistance	Vorwiderstand	مقاومة توالي
٥٢	direct current resistance	Widerstand für Gleichstrom	مقاومة تيار مستمر
٩٢	inductive resistance	induktiver Widerstand	مقاومة حثية
١٥٩	internal resistance	Innenwiderstand	مقاومة داخلية
٥٨	hot resistance	Warmwiderstand	مقاومة ساخنة
٩٢	capacitive resistance	kapazitiver Widerstand	مقاومة سعويّة
٩٢	impedance (apparent resistance)	Scheinwiderstand	مقاومة ظاهريّة
٩٢	active (effective) resistance	Wirkwiderstand	مقاومة فعّالة
١٥٢	variable resistance	Stellwiderstand	مقاومة متغيّرة

عربي	ألماني	انجليزي	رقم الصفحة
مقاومة نوعية	spezifischer Widerstand	specific resistance	٥٢
مقسّم جهد	Spannungsteiler	voltage divider	١٦٣
مقسوم عليه	Divisor	divisor	٤
مقطع (واجهة جانبية = بروفييل)	Profil	profile	١٣٦
مقلوب	umgekehrt	inversed	١٢
مقوم	Gleichrichter	rectifier	١٥٦
مقوم الموجة الكاملة	Zweiweggleichrichter	full-wave rectifier	١٥٤
مقوم سليكون	Siliciumgleichrichter	silicon rectifier	١٦٣
مقوم سيليونيوم	Selengleichrichter	selenium rectifier	٥٣
مقياس دائري (كالدقيقة والدرجة)	Bogenmaß	arc measure, circular measure	٣٦
مكثف	Kondensator	condenser	٨٦
مكثف تشغيل	Betriebskondensator	motor operating condenser	١١٤
مكنة تفريز	Fräsmaschine	milling machine	١١
ملف خانق	Drosselspule	choke coil	١٠٠
ملف مرجل	Relaispule	relay coil	٥٣
منبع (مصدر) جهد	Quellenspannung	electrical potential source	٧٨
منحنى جيبى	Sinuslinie	sine curve	٨٨
منحنى خصائص التحميل	Belastungskennlinie	loading characteristic curve	١٢٠
منحنى خصائص العلاقة بين B و H	BH-Kennlinie	characteristic curve B-H	٨٠
منحنى (خط) خصائصي	Kennlinie	characteristic curve	٤٢
منشار دائري	Kreissäge	circular saw	٣٠
منظم (ضابط) تيار مغنطيسي	Magnetstromsteller	magnetic current regulator	١١١
مؤرّض شريطي أو جبلي	Band- oder Seilerder	band or rope ground wire	١٦٨
مواءمة المقاومة	Widerstandsanpassung	matching of resistance	١١٩
موازنة (اتزان)	Stabilisierung	stabilization	١٥٩
مواصلة	Leitwert	conductance	٤٦
مواصلة مغنطيسية	Magnetleitwert	magnetic conductance	٨٠
موصل	Ader	conductor	٥٤
موصل بارد	Kaltleiter	cold conductor	٥٨
موصل حلقي	Ringleitung	ring conductor	١٤٦
موصل ساخن	Heißeiter	hot conductor	٥٨
موصل توزيع صاعد	Steigleitung	rising mains	١٤٢
موصل عودة (خط عودة)	Rückleitung	return conductor, path	٦١
موصلية	Leitfähigkeit	conductivity	٥٢
موقد كهربائي	Elektroherd	electric hearth	٦٣
مولّد تيار مستمر	Gleichstromgenerator	direct current generator	١٠٦
«ن»			
ناقص	Minus	minus	٤
نبائط أشباه موصلات	Halbleiterbauelemente	semiconductor devices	١٥٩
نحاس أصفر	Messing	brass	١٣
نسبة	Verhältnis	ratio	١٢
نسبة ألفية	Promillesatz	parts per thousand	١٤
نسبة نقل الحركة (السرعة)	Übersetzungsverhältnis	transmission ratio	١٣٩
نسبة مئوية	Prozentsatz	percentage	١٤
نسبي	relativ	relative	١٨
نصف قطر	Radius	radius	٣٦
نصيب	Anteil	part (share)	٩

عربي	ألماني	انجليزي	رقم الصفحة
نقصان	Abnahme	decrease	٥
نقطة انعكاس التيار	Stromumkehrpunkt	current inverse point	١٤٦
نقل (تحويل) الحركة بالسير	Riementriebsübersetzung	belt drive transmission	١٣٦
نوع	Art	type	٦
نيوتن	Newton	Newton	٣٨
«ه»			
هبوط (نقصان)	Absinken	drop (decrease)	١٣٨
هبوط الجهد	Spannungsabfall	voltage drop	١٥٨
هندسة الإضاءة	Lichttechnik	light engineering	١٤٨
هنري	Henry	Henry	٨٠
«و»			
واط متر - مقياس القدرة	Leistungsmesser	wattmeter (power meter)	١٣٢
وحدة الحجم	Raumeinheit	unit of volume	٢٨
وحدة الطول	Längeneinheit	length unit	٢٨
وحدة المساحة	Flächeneinheit	unit of area	٢٨
وحدة قدرة للطوارئ	Notstromaggregat	emergency power unit	١١٣
وحدة كهربائية	elektrische Einheit	electric unit	٤٤
وحدة مغناطيسية	magnetische Einheit	magnetic unit	٨٠
ورشة	Werkstatt	workshop	٥
وزن	Gewichtskraft	weight	٣٢
وزن السلك	Drahtgewicht	weight of the wire	٣٢
وزن اللوح	Blechgewicht	sheet weight	٣٢
وزن نوعي	Wichte	specific weight	٣٢
وصلية التدفق	Durchflutung	flux-linkage	٨٠
وقاية (حماية) الموصل	Leitungsschutz	conductor protection	١٤٠
وقود	Kraftstoff	fuel	١٣
وليعة تسخين	Heizpatrone	heating core	٧١
«ي»			
يساوي	gleich	equal	٤

درجة حرارة الغرفة والتحميل					
التحميل المسموح به للموصلات المعزولة للحرارة عند درجة حرارة محيطية فوق VDE 0100/5.73, § 41, 5 جدول 55.°C			التحميل المسموح به للموصلات المعزولة عند درجة حرارة محيطية حتى 25.°C. VDE 0100/5.73, § 41, 4 جدول		
درجة الحرارة المحيطة بالموصل	درجة الحرارة المحيطة	النسبة المئوية من قيم جدول 2	النسبة المئوية من قيم جدول 2		درجة الحرارة المحيطية بالموصل
درجة الحرارة المحيطية 180°C	درجة الحرارة المحيطية 100°C	100 92 85 75 65 53 38	100 94 88 82 75 67 58	عازل عازل عازل عازل عازل عازل عازل	عازل عازل عازل عازل عازل عازل عازل
145°C حتى	65°C حتى	100	100	25°C حتى	25°C حتى
150°C حتى	70°C حتى	92	94	30°C حتى	30°C حتى
155°C حتى	75°C حتى	85	88	35°C حتى	35°C حتى
160°C حتى	80°C حتى	75	82	40°C حتى	40°C حتى
165°C حتى	85°C حتى	65	75	45°C حتى	45°C حتى
170°C حتى	90°C حتى	53	67	50°C حتى	50°C حتى
175°C حتى	95°C حتى	38	58	55°C حتى	55°C حتى
الحل الأدنى لمساحة مقطع الموصلات					
مستخرجة من: أقل مساحات مقاطع للموصلات. جدول 1, 41, 5, 73, 0100/5. VDE					
Al (mm²)	Cu (mm²)	نوع الحديد			
2.5	1.5	تقدير ثابت وذو وقاية			
16	4	تقدير مكثف مستند على عوازل:			
16 (متعددة الأسلاك)	6	بمسافات بينية حتى 20 m			
	0.5	بمسافات بينية حتى 45 m			
-	0.75	في لوحات التوصيل والتوزيع حتى 2 A			
	1.0	حتى 16 A			
		فوق 16 A			
الموصلات القابلة للحركة للتوصيلات التالية:					
(بازم تحديدها ضمن بيانات نوعية الجهاز)					
الأجهزة اليدوية الخفيفة حتى 1 A، موصلات حتى 2 m					
-	0.5	أجهزة حتى 2.5 A، وموصلات حتى 2 m			
	0.75	أجهزة وعلب إقران حتى 10 A			
	1.0	أجهزة أكبر من 10 A وعلب إقران من 10 A إلى 16 A			
	0.75	سلاك التثبيت			
الموصلات الهوائية					
أنظر 5 § 0211. VDE					

جدول مصاهر الأمان													
التحميل الدائم المسموح به للموصلات المعزولة عند درجة حرارة محيطية حتى 25°C					بيان لمساحات المقاطع الإسمية للموصلات المعزولة المؤمنة ضد زيادة التيار . جدول 6, 41, 5, 73, 0100/5, VDE								
جدول 2, 41, 5, 73, 0100/5, VDE													
مجموعة 3		مجموعة 2		مجموعة 1		مساحة المقطع الإسمي (mm²)		مجموعة 1		مجموعة 2		مجموعة 3	
Al (A)	Cu (A)	Al (A)	Cu (A)	Al (A)	Cu (A)	Al (A)	Cu (A)	Cu (A)	Cu (A)	Cu (A)	Cu (A)	Cu (A)	Cu (A)
—	16	—	13	—	—	0,75	—	10	16	20	25	35	42,5
—	20	—	16	—	12	1	10	16	20	25	35	50	63
—	25	—	20	—	16	1,5	16	20	25	35	50	63	80
27	34	21	27	16	21	2,5	20	25	35	50	63	80	100
35	45	29	36	21	27	4	25	35	50	63	80	100	125
45	57	37	47	27	35	6	35	50	63	80	100	125	160
61	78	51	65	38	48	10	50	63	80	100	125	160	200
82	104	68	87	51	65	16	63	80	100	125	160	200	250
107	137	90	115	69	88	25	80	100	125	160	200	250	300
132	168	112	143	86	110	35	100	125	160	200	250	300	355
165	210	140	178	110	140	50	125	160	200	250	300	355	425
205	260	173	220	—	175	70	160	224	280	355	425	500	600
245	310	210	265	—	210	95	200	250	300	355	425	500	600
285	365	245	310	—	250	120	250	300	355	425	500	600	720
330	415	280	355	—	—	150	—	—	—	—	—	—	—
375	475	320	405	—	—	185	—	—	—	—	—	—	—
440	560	380	480	—	—	240	—	—	—	—	—	—	—
510	645	435	555	—	—	300	—	—	—	—	—	—	—
605	770	—	—	—	—	400	—	—	—	—	—	—	—
690	880	—	—	—	—	500	—	—	—	—	—	—	—

١ - لا بد أن تساوي مساحة المقطع الإسمية قيم الجدول 1 على الأقل.

٢ - بارتفاع درجة الحرارة المحيطة عن 25°C يجب أن تقل قيمة التيار الإسمية لعنصر الوقاية (انظر إلى البين).

٣ - تصنيف مجموعات الموصلات المعزولة:

مجموعة 1: موصلات ممدودة داخل مواسير، مثلاً NVA.

مجموعة 2: موصلات في أماكن رطبة وموصلات مزدوجة ومتحررة.

مجموعة 3: موصلات أحادية الفرع هوائية (تعاود المسافة البينية قطر الموصل على الأقل).

الأسلاك أحادية الفرع في لوحات التوصيل والتوزيع.

الرمز	الاسم	الوصف	الرمز	الاسم	الوصف
A	المساحة	(مساحة القطع) كثافة التدفق المغناطيسي السعة	B	كثافة التدفق المغناطيسي	السعة
B	كثافة التدفق المغناطيسي	السعة	C	السعة	التقوية
C	السعة	التقوية	E	شدة المجال الكهربائي	شدة المجال الكهربائي
E	شدة المجال الكهربائي	شدة المجال الكهربائي	E	شدة التيار الكهربائي	شدة التيار الكهربائي
E	شدة التيار الكهربائي	شدة التيار الكهربائي	G	الموصلية الكهربائية	الموصلية الكهربائية
G	الموصلية الكهربائية	الموصلية الكهربائية	H	شدة المجال المغناطيسي	شدة المجال المغناطيسي
H	شدة المجال المغناطيسي	شدة المجال المغناطيسي	I	شدة التيار الكهربائي	شدة التيار الكهربائي
I	شدة التيار الكهربائي	شدة التيار الكهربائي	L	الحثية	الحثية
L	الحثية	الحثية	P	القدرة الفعالة	القدرة الفعالة
P	القدرة الفعالة	القدرة الفعالة	Q	القدرة الفعالة	القدرة الفعالة
Q	القدرة الفعالة	القدرة الفعالة	Q	كمية الكهرباء	كمية الكهرباء
Q	كمية الكهرباء	كمية الكهرباء	R	المقاومة	المقاومة
R	المقاومة	المقاومة	S	كثافة التيار	كثافة التيار
S	كثافة التيار	كثافة التيار	S	القدرة الظاهرية	القدرة الظاهرية
S	القدرة الظاهرية	القدرة الظاهرية	U	الجهد الكهربائي	الجهد الكهربائي
U	الجهد الكهربائي	الجهد الكهربائي	W	الشغل الكهربائي	الشغل الكهربائي
W	الشغل الكهربائي	الشغل الكهربائي	X	المقاومة المعادلة	المقاومة المعادلة
X	المقاومة المعادلة	المقاومة المعادلة	Z	المقاومة الظاهرية	المقاومة الظاهرية
Z	المقاومة الظاهرية	المقاومة الظاهرية	f	التردد	التردد
f	التردد	التردد	n	سرعة الدوران	سرعة الدوران
n	سرعة الدوران	سرعة الدوران	Δ	مقدار التغير	مقدار التغير
Δ	مقدار التغير	مقدار التغير	Θ	وصلية التدفق	وصلية التدفق
Θ	وصلية التدفق	وصلية التدفق	Λ	الموصلية المغناطيسية	الموصلية المغناطيسية
Λ	الموصلية المغناطيسية	الموصلية المغناطيسية	Φ	التدفق المغناطيسي	التدفق المغناطيسي
Φ	التدفق المغناطيسي	التدفق المغناطيسي	Φ	درجة الحرارة	درجة الحرارة
Φ	درجة الحرارة	درجة الحرارة	Θ	إزاحة الطور	إزاحة الطور
Θ	إزاحة الطور	إزاحة الطور	ω	سرعة التغير	سرعة التغير
ω	سرعة التغير	سرعة التغير			

الرموز الرياضية										مستخرج من DIN 1302 فبراير ١٩٨٨							
=	+	×	÷	يساوي	لا يساوي	يساوي تقريبا	ينظر أو يعادل	≥	<	أصغر من	أكبر من	أصغر من أو يساوي	أكبر من أو يساوي	...	ما لا نهاية	الجذر التربيعي وهكذا ... إلى	بوازي
π																	
√2																	
√3																	
18	لوحة رقم	9,80665 m/s² =	g	14	لوحة رقم	3,14159											
32	لوحة رقم	1,2566 · 10 ⁻⁹ H/m =	μ ₀	37	لوحة رقم	1,4142											
35	لوحة رقم	8,8542 · 10 ⁻¹² F/m =	ε ₀	42	لوحة رقم	1,7321											
رموز الصيغ لتقييم المواد																	
الرمز	النطق	الكتافة	السمية	الرمز المختصر	الوحدات المستخدمة	رقم اللوحة											
ρ	رو	(= الكتلة ÷ الحجم)	إجهاد الشد	g/cm³	جرام لكل سنتيمتر مكعب	15											
σ	سيجما	مقاومة إجهاد الشد	مقاومة إجهاد الشد	N/mm²	نيوتن لكل ميليمتر مربع	-											
ρ ₂₀	رو عند درجة حرارة 20°C	المقاومة الكهربائية النوعية	المقاومة الكهربائية النوعية	Ωmm²/m	أوم · ميليمتر مربع لكل متر	23											
κ ₂₀	كابا عند درجة حرارة 20°C	الموصلية الكهربائية (قابلية التوصيل الكهربائي)	الموصلية الكهربائية (قابلية التوصيل الكهربائي)	Smm/mm²	سيمنر متر لكل ميليمتر مربع	23											
α ₂₀	ألفا عند درجة حرارة 20°C	المعامل الحراري	المعامل الحراري	Ω/K	أوم لكل أوم وكلفن	25											
c	-	السعة الحرارية النوعية	السعة الحرارية النوعية	Ws/gK	واط ثانية لكل جرام وكلفن	30											
a	-	معامل الانكسارية	المكافئ الكهربائي الكيميائي	mg/As	ملي جرام لكل أمبير ثانية	31											
μ _r	ميو (نسبي)	المغناطيسية للمادة	المغناطيسية للمادة	-	(μ = μ _r · μ ₀)	32											
ε _r	إيسيلون (نسبي)	ثابت العازل الكهربائي للمادة	ثابت العازل الكهربائي للمادة	-	(ε = ε _r · ε ₀)	35											

المكائن الكهربائية		
$P_2 = P_o$ (W) I (A); U (V)	$P_2 = U \cdot I$; $P_2 = P_1 \cdot \eta$	مولد تيار مستمر : القدرة المستفادة منه (W)
M (Nm) n (r.p.m.)	$P_1 = \frac{M \cdot n}{7030}$ HP $P_1 = \frac{M \cdot n}{9550}$ kW	مولد تيار مستمر : القدرة المعطاة له (kW, HP)
I_A (A) R_1 (Ω)	$U = E - (I_A \cdot R_1)$	جهد الأطراف (V)
B (T); l (m)	$F = B \cdot l \cdot I$	تحريك تيار مستمر : قوة التنافر (N)
P_1 (W); U (V) I (A)	$P_2 = P_1 \cdot \eta$ $P_2 = U \cdot I \cdot \eta$	تحريك تيار مستمر : القدرة المستفادة منه
U (V); I_A (A) R_o (Ω)	$c.e.m.f. = U - (I_A \cdot R_o)$	قوة دافعة المضادة (V)
P_1 (W); U (V) I (A)	$P_2 = P_1 \cdot \eta$ $P_2 = U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta$	محرك ~ 1 : القدرة (W) المستفادة منه (W)
P_1 (W); U (V) I (A)	$P_2 = P_1 \cdot \eta$ $P_2 = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot \eta$	محرك ~ 3 : القدرة (W) المستفادة منه (W)
f (Hz) s (r.p.m.)	$\eta_F = \frac{f \cdot 60}{p}$; $\eta = \eta_F - s$	سرعة محرك ~ 3 : دوران المجال وعقبو الإنتاج (r.p.m.)
P (W); S (VA) Q (var)	$\cos \varphi = \frac{P}{S}$; $\sin \varphi = \frac{Q}{S}$	معامل القدرة الفعالة والفاعلة
d (mm) n (r.p.m.)	$d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2$ $d_1 \cdot z_1 = d_2 \cdot z_2$	الإدارة بالسيور والسنان
B (T); A (m ²) f (Hz)	$E_2 = 4.44 \cdot B_{max} \cdot A \cdot f \cdot N$	معادلة الحث الريحية
U (V) I (A)	$S_2 = U_2 \cdot I_2$ $S_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \sqrt{3}$	القدرة الإسمية لحوادث ~ 1 و ~ 3 (VA)

فرق الجهد - موصل ذو حمل عند نهايته

l طول مفروذ الموصل (m)	$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\pi \cdot A}$	تيار مستمر
I (A) A (mm ²)	$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\pi \cdot A}$	تيار متردد
$\cos \varphi \leq 1$	$\Delta U = \frac{ I \cdot 1.73 \cdot \cos \varphi}{\pi \cdot A}$	تيار ثلاثي الأطوار

التيار المتردد		
$\frac{T \cdot mm^2}{A/mm \cdot mm}$	$A = \frac{\mu \cdot A}{l} = \frac{B \cdot A}{H \cdot l}$	الموصلية (المغناطيسية) (μH)
A (μH) L (H)	$L = \frac{\mu \cdot N^2}{10^6}$	الحثية (هنري)
L (H) f (Hz)	$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$	المقاومة الفاعلة (Ω)
C (μF) f (Hz)	$X_C = \frac{10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$	المقاومة الفاعلة (Ω)
الموصل على التوالي		المقاومة (Ω)
$U_1 = \frac{\Delta \Phi}{t} \cdot N = U_{max} \cdot \sin \alpha$		القيمة اللحظية U_1 (V/s = V)
$I = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$	$U = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$	قيم U و I الفعالة
تيارات حرجية على التوازي	$I = \frac{U}{Z} = \sqrt{I_a^2 + I_r^2}$	حساب التيار المتردد
$S = U \cdot I = I^2 \cdot Z = \frac{U^2}{Z}$		القدرة الظاهرية (VA)
$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$		القدرة الفعالة (W)
$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = I^2 \cdot X = \frac{U^2}{X}$		القدرة الفاعلة (var)
التيار ثلاثي الأطوار (الدوار)		
$U_{ph} V = \frac{U}{\sqrt{3}}$	$U_{ph} V = U$	جهود الأطوار
$I_{ph} V = I$	$I_{ph} \Delta = \frac{I}{\sqrt{3}}$	تيارات الأطوار
$S_{ph} = U_{ph} \cdot I_{ph} V = \frac{U \cdot I}{\sqrt{3}}$		القدرة الظاهرية للطور
$P = 3 \cdot P_{ph} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$		القدرة الفعالة
$Q = 3 \cdot Q_{ph} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi$		القدرة الفاعلة

٣ - ٤

موصلات التيار		
d (mm) A (mm ²)	$A = 0.785 \cdot d^2$	مساحة المقطع (mm ²)
A (mm ²) l (m)	$m = A \cdot l \cdot \rho$	الوزن (g)
d_m (m) l (m)	$l = d_m \cdot \pi \cdot N$	طول سلك الملف
l (m) A (mm ²)	$R = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{l}{\pi \cdot A}$	المقاومة بالأوم
تقريباً : $\Delta = \text{delta}$ دلتا $\theta = \text{theta}$ ثيتا $\Delta \theta = \theta_h - \theta_{20}$ $\Delta R = R_h - R_{20}$		المقاومة الساخنة : الزيادة في المقاومة :
I (A) A (mm ²)	$S = \frac{I}{A}$	كثافة التيار (A/mm ²)
$I = \frac{U_o}{R_{ex} + R_i} = \frac{U_{erm}}{R_{ex}} = \frac{\Delta U}{R_i}$		قانون أوم الموّرع
$P = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$		القدرة المعطاة (W)
W_o (Ws = Nm = J)	$W = P \cdot t = \frac{W_o}{\eta}$	الانغول المعطى (Ws)
m (g) Q (Ws = J)	$Q_o = m \cdot \Delta \theta \cdot c$	الحرارة المكتسبة من الجوارز أو المستفادة
P (W) t (s)	$m \cdot \Delta \theta \cdot c = P \cdot t \cdot \eta$	أجهزة التسخين الكهربائية
I (A) t (s)	$m = I \cdot t \cdot a$	النكسية المترتبة (mg)
$\Theta = I \cdot N = (H \cdot l) + (H \cdot l)$ للجديد		الوصفية للمغناطيسات
B (T) H (A/mm)	$H_a = \frac{B}{\mu_o} = B \cdot 800$	شدة المجال المغناطيسي
A_{eff} (mm ²) = مجموع مساحات الأقطاب	$F = B^2 \cdot A_{eff} \cdot 0.4$	قوة المغناطيس (N)

نحاس المونتيم والمونتيم الموصلات (طبقا لتعليمات VDE)

مادة الموصل	الخواص الهامة (مستخلصة)	$\rho_{20} \left(\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \right)$
نحاس طبقا للمواصفات VDE 0201/34	ملدن طري سلك مسحوب على البارد مقاومة إجهاد الشد 300 N/mm ²	0,01754 = 1/57 0,01786 = 1/56 0,01818 = 1/55
ألومنيوم طبقا للمواصفات VDE 0202/43	ملدن طري، المقاومة النوعية طبقا لبند 2 ملدن طري، للموصلات والكبلات المزولة طبقا لبند 3	0,02778 = 1/36 0,02941 = 1/34
معدن المقاومة RW (مختارات)		
الرمز	أمثلة النسبة المئوية للمكونات (%)	$\rho_{20} \left(\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \right)$
طبقا لمواصفات DIN 46461	Fe الباقي 0,5 Mn 0,1 C 23 Zn 17 Ni 60 Cu 12 Mn 2 Ni 86 Cu 45 Ni 54 Cu كوبلتان	0,13 0,3 0,43 0,5
RW 13 RW 30 RW 43 RW 50	فولاذ فضة ألمانية منجولين كوبلتان	7,85 8,7 8 8,9
سلك مونتيم التسخين (مستخرج من مواصفات DIN 17470/63)		
الرمز (الإسم المختصر)	النسبة المئوية لمكونات السبيكة (%)	أقصى درجة حرارة مسطح جها في الهواء °C
الكثافة g/cm ³	الكتلة	$\rho \left(\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \right)$
NiCr 80 20 NiCr 60 15 NiCr 30 20 CrNi 25 20	الباقي 20 الباقي 20 الباقي 20 الباقي 25	8,3 8,2 7,9 7,8
CrAl 25 5 CrAl 20 5	الباقي 25 الباقي 20	7,1 7,2
1,49 1,45	1,44 1,37	1300 1200

خواص المعادن النقية كيميائيا (أفضل قيم)

إسم المعدن	الرمز	الكثافة $\rho \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right)$	السعة الحرارية النوعية c_p	حرارة الانصهار Q	درجة حرارة الانصهار °C	المقاومة النوعية ρ_{20}	المعامل الحراري α_{20}	المكافئ الكهربائي a
ألومنيوم	Al	2,72	0,90	398	660	0,0241	0,004	0,0932
رصاص	Pb	11,34	0,13	25	327	0,188	0,004	1,0737
كروم	Cr	7,1	0,44	316	1800	0,0189	—	0,1797
حديد	Fe	7,86	0,46	268	1539	0,1	0,0056	0,289
نحاس	Cu	8,93	0,39	205	1083	0,0155	0,0039	0,3294
نيكل	Ni	8,8	0,46	300	1455	0,0605	0,006	0,3041
بلاتين	Pt	21,4	0,13	101	1773	0,098	0,0039	1,008
زئبق	Hg	13,55	0,14	11	—39	0,958	0,0009	2,079
فضة	Ag	10,5	0,23	105	960	0,0149	0,0041	1,118
ولفرام	W	19,3	0,13	192	3350	0,0491	0,0048	0,95
زنك	Zn	7,12	0,39	102	420	0,048	0,0041	0,3388
قصدير	Sn	7,28	0,22	60	232	0,1	0,0046	0,61
خواص بعض المواد العازلة (قيم تقريبية)								
المادة العازلة	الكثافة ρ	مقاومة إجهاد الشد $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	مقاومة تغير الشكل (الثانة)	المتانة الكهربائية للتمزق $\frac{\text{kV}}{\text{mm}}$	المقاومة النوعية ρ_{20}	ثابت العزل		
ميكا	2,8	—	600	60	10^{16}	7	$\epsilon_r =$	
مطاط	1,1	25	50	25	10^{16}	3		
ورق صلد	1,4	70 ... 110	125	10 ... 20	10^{10}	5		
بلاستيك PVC	1,4	50	70	40	10^{15}	3,5		
هواء	$1,3 \cdot 10^{-3}$	—	—	1 ... 2	—	1		
زيت عزل	0,88	—	—	10	10^{13}	2,2		

1...50										51...100										101...150										151...200										201...250									
d	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}										
1	3,142	0,7854	1	1,0000	51	160,22	2042,82	2601	7,1414	101	317,30	8011,85	10201	10,0499	151	474,38	17907,9	22801	12,2882	201	631,46	31730,9	40401	14,1774	251	785,94	1963,50	2500	7,0711	100	314,16	7853,98	10000	10,0000	201	631,46	31730,9	40401	14,1774										
2	6,283	3,1416	4	1,4142	52	163,36	2123,72	2704	7,2111	102	320,44	8171,28	10404	10,0995	152	477,52	18145,8	23104	12,3288	202	634,60	32047,4	40804	14,2127	252	788,09	1965,04	2500	7,0711	101	317,30	8011,85	10201	10,0499	202	634,60	32047,4	40804	14,2127										
3	9,425	7,0686	9	1,7321	53	166,50	2206,18	2809	7,2801	103	323,58	8332,29	10609	10,1489	153	480,66	18385,4	23409	12,3693	203	637,74	32365,5	41209	14,2478	253	791,27	1970,99	2500	7,0711	102	320,44	8171,28	10404	10,0995	203	637,74	32365,5	41209	14,2478										
4	12,566	12,5666	16	2,0000	54	169,66	2290,22	2916	7,3485	104	326,73	8494,87	10816	10,1980	154	483,81	18626,5	23716	12,4097	204	640,88	32685,1	41616	14,2829	254	794,45	1980,25	2500	7,0711	103	323,58	8332,29	10609	10,1489	204	640,88	32685,1	41616	14,2829										
5	15,708	19,6350	25	2,2361	55	172,79	2375,83	3025	7,4162	105	329,87	8659,01	11025	10,2470	155	486,95	18869,2	24025	12,4499	205	644,03	33006,4	42025	14,3178	255	797,00	1990,50	2500	7,0711	104	326,73	8494,87	10816	10,1980	205	644,03	33006,4	42025	14,3178										
6	18,850	28,2743	36	2,2465	56	175,93	2463,01	3136	7,4833	106	333,01	8824,73	11236	10,2956	156	490,09	19113,4	24336	12,4900	206	647,17	33329,2	42426	14,3527	256	800,00	2000,00	2500	7,0711	105	329,87	8659,01	11025	10,2470	206	647,17	33329,2	42426	14,3527										
7	21,991	38,4845	49	2,6458	57	179,07	2551,76	3249	7,5498	107	336,15	8992,02	11449	10,3441	157	493,23	19359,3	24649	12,5300	207	650,31	33653,5	42849	14,3875	257	803,00	2025,00	2500	7,0711	106	333,01	8824,73	11236	10,2956	207	650,31	33653,5	42849	14,3875										
8	25,133	50,2655	64	2,8284	58	182,21	2642,08	3364	7,6158	108	339,29	9160,88	11664	10,3923	158	496,37	19606,7	24964	12,5698	208	653,45	33979,5	43264	14,4222	258	806,00	2050,00	2500	7,0711	107	336,15	8992,02	11449	10,3441	208	653,45	33979,5	43264	14,4222										
9	28,274	63,6173	81	3,0000	59	185,35	2733,97	3481	7,6811	109	342,43	9331,32	11881	10,4403	159	499,51	19855,7	25281	12,6095	209	656,59	34307,0	43681	14,4568	259	809,00	2090,00	2500	7,0711	110	345,58	9503,32	12100	10,4881	209	656,59	34307,0	43681	14,4568										
10	31,416	78,5398	100	3,1623	60	188,50	2827,43	3600	7,7460	110	345,58	9503,32	12100	10,4881	160	502,65	20106,2	25600	12,6491	210	659,73	34636,1	44100	14,4914	260	812,00	2100,00	2500	7,0711	111	348,72	9676,89	12321	10,5357	210	659,73	34636,1	44100	14,4914										
11	34,558	95,0332	121	3,3166	61	191,64	2922,47	3721	7,8102	111	348,72	9676,89	12321	10,5357	161	505,80	20358,3	25921	12,6886	211	662,88	34966,7	44521	14,5258	261	815,00	2125,00	2500	7,0711	112	351,86	9852,03	12544	10,5830	211	662,88	34966,7	44521	14,5258										
12	37,699	132,097	144	3,3661	62	194,78	3019,07	3844	7,8740	112	351,86	9852,03	12544	10,5830	162	508,94	20612,0	26244	12,7279	212	666,02	35295,9	44944	14,5602	262	818,00	2140,00	2500	7,0711	113	355,00	10026,7	12769	10,6301	212	666,02	35295,9	44944	14,5602										
13	40,841	132,732	169	3,6056	63	197,92	3119,25	3969	7,9373	113	355,00	10026,7	12769	10,6301	163	512,08	20867,2	26569	12,7671	213	669,16	35632,7	45369	14,5945	263	820,00	2160,00	2500	7,0711	114	358,14	10207,0	12996	10,6778	213	669,16	35632,7	45369	14,5945										
14	43,982	153,938	196	3,7417	64	201,06	3216,99	4069	8,0000	114	358,14	10207,0	12996	10,6778	164	515,22	21124,1	26896	12,8062	214	672,30	35968,1	45796	14,6287	264	823,00	2180,00	2500	7,0711	115	361,28	10386,9	13225	10,7233	214	672,30	35968,1	45796	14,6287										
15	47,124	176,715	225	3,8730	65	204,20	3318,31	4225	8,0623	115	361,28	10386,9	13225	10,7233	165	518,36	21382,5	27225	12,8452	215	675,44	36305,0	46225	14,6629	265	826,00	2200,00	2500	7,0711	116	364,42	10568,3	13456	10,7703	215	675,44	36305,0	46225	14,6629										
16	50,265	201,062	256	4,0000	66	207,35	3421,19	4366	8,1240	116	364,42	10568,3	13456	10,7703	166	521,50	21642,4	27566	12,8841	216	678,58	36643,5	46666	14,6969	266	829,00	2225,00	2500	7,0711	117	367,57	10751,3	13689	10,8167	216	678,58	36643,5	46666	14,6969										
17	53,407	226,980	289	4,1231	67	210,49	3525,65	4484	8,1854	117	367,57	10751,3	13689	10,8167	167	524,65	21904,0	27889	12,9228	217	681,73	36983,6	47089	14,7309	267	832,00	2250,00	2500	7,0711	118	370,71	10935,9	13924	10,8628	217	681,73	36983,6	47089	14,7309										
18	56,549	254,469	324	4,2426	68	213,63	3631,68	4624	8,2462	118	370,71	10935,9	13924	10,8628	168	527,79	22167,1	28224	12,9615	218	684,87	37325,3	47524	14,7648	268	835,00	2275,00	2500	7,0711	119	373,85	11122,0	14161	10,9087	218	684,87	37325,3	47524	14,7648										
19	59,690	283,529	361	4,3589	69	216,77	3739,28	4761	8,3066	119	373,85	11122,0	14161	10,9087	169	530,93	22431,8	28561	13,0000	219	688,01	37668,5	47961	14,7986	269	838,00	2300,00	2500	7,0711	120	376,99	11309,7	14400	10,9545	219	688,01	37668,5	47961	14,7986										
20	62,832	314,159	400	4,4721	70	219,91	3848,45	4900	8,3666	120	376,99	11309,7	14400	10,9545	170	534,07	22698,0	28900	13,0384	220	691,15	38013,3	48400	14,8324	270	841,00	2325,00	2500	7,0711	121	380,13	11499,0	14641	11,0045	220	691,15	38013,3	48400	14,8324										
21	65,973	346,361	441	4,5826	71	223,05	3959,19	5041	8,4261	121	380,13	11499,0	14641	11,0045	171	537,21	22965,8	29241	13,0767	221	694,29	38359,6	48841	14,8661	271	844,00	2350,00	2500	7,0711	122	383,27	11689,9	14884	11,0454	221	694,29	38359,6	48841	14,8661										
22	69,115	380,133	484	4,6904	72	226,19	4071,50	5184	8,4853	122	383,27	11689,9	14884	11,0454	172	540,35	23235,2	29584	13,1149	222	697,43	38707,6	49284	14,8997	272	847,00	2375,00	2500	7,0711	123	386,42	11882,3	15129	11,0905	222	697,43	38707,6	49284	14,8997										
23	72,257	415,476	529	4,7958	73	229,34	4185,39	5329	8,5440	123	386,42	11882,3	15129	11,0905	173	543,50	23506,2	29929	13,1529	223	700,58	39057,1	49729	14,9332	273	850,00	2400,00	2500	7,0711	124	389,56	12076,3	15376	11,1355	223	700,58	39057,1	49729	14,9332										
24	75,398	45																																															

251 ... 300										301 ... 350										351 ... 400										401 ... 450										451 ... 500																																																																																																																																																																																																																	
d	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}																																																																																																																																																																																																																							
251	788.54	49480.9	63001	15.8430	301	945.62	71157.9	90601	17.3494	351	1102.7	96761.8	123201	18.7350	401	1259.8	126293	160801	20.0250	451	1416.9	159751	203401	21.2368	252	791.68	49875.9	63504	15.8745	302	948.76	71631.5	91204	17.3781	352	1105.8	97314.0	123904	18.7617	402	1262.9	126922	161604	20.0499	452	1420.0	160480	204304	21.2603	253	794.82	50272.6	64009	15.9060	303	951.90	72106.6	91809	17.4069	353	1109.0	97867.1	124609	18.7883	403	1266.2	127556	162409	20.0749	453	1423.1	161183	205209	21.2838	254	797.96	50670.7	64516	15.9374	304	955.04	72553.4	92418	17.4356	354	1112.1	98423.0	125316	18.8149	404	1269.2	128190	163216	20.0998	454	1426.3	161883	206116	21.3073	255	801.11	51070.5	65025	15.9677	305	958.19	73061.7	93025	17.4642	355	1115.3	98979.8	126025	18.8414	405	1272.3	128825	164025	20.1246	455	1429.4	162597	207025	21.3307	256	804.25	51471.9	65536	16.0000	306	961.33	73541.5	93636	17.4929	356	1118.4	99538.2	126736	18.8680	406	1275.5	129462	164836	20.1494	456	1432.6	163313	207936	21.3542	257	807.39	51874.8	66049	16.0312	307	964.47	74023.0	94249	17.5214	357	1121.5	100098	127449	18.8944	407	1278.6	130100	165649	20.1742	457	1435.7	164030	208849	21.3776	258	810.53	52279.2	66564	16.0624	308	967.61	74506.0	94864	17.5499	358	1124.7	100660	128164	18.9209	408	1281.8	130741	166464	20.1990	458	1438.8	164748	209764	21.4009	259	813.67	52685.3	67081	16.0935	309	970.75	74990.6	95481	17.5784	359	1127.8	101223	128881	18.9473	409	1284.9	131382	167281	20.2237	459	1442.0	165488	210681	21.4243	260	816.81	53092.9	67600	16.1245	310	973.89	75476.8	96100	17.6068	360	1131.0	101788	129600	18.9737	410	1288.1	132025	168100	20.2485	460	1445.1	166190	211600	21.4479
261	819.96	53502.1	68121	16.1555	311	977.04	75964.5	96721	17.6352	361	1134.1	102354	130321	19.0000	411	1291.2	132670	168921	20.2731	461	1448.3	166914	212521	21.4709	262	823.10	53912.9	68644	16.1864	312	980.18	76453.8	97344	17.6635	362	1137.3	102922	131044	19.0263	412	1294.3	133317	169744	20.2978	462	1451.4	167639	213444	21.4942	263	826.24	54325.2	69169	16.2173	313	983.32	76944.7	97969	17.6918	363	1140.4	103491	131769	19.0526	413	1297.5	133965	170569	20.3224	463	1454.6	168366	214369	21.5174	264	829.38	54739.1	69686	16.2481	314	986.46	77437.1	98596	17.7200	364	1143.5	104062	132496	19.0788	414	1300.6	134614	171396	20.3470	464	1457.7	169093	215296	21.5407	265	832.52	55154.6	70225	16.2788	315	989.60	77931.1	99225	17.7482	365	1146.7	104635	133225	19.1050	415	1303.8	135265	172225	20.3715	465	1460.8	169823	216225	21.5639	266	835.66	55571.6	70756	16.3095	316	992.74	78426.7	99856	17.7764	366	1149.8	105209	133956	19.1311	416	1306.9	135918	173056	20.3961	466	1464.0	170554	217156	21.5870	267	838.81	55990.2	71289	16.3401	317	995.88	78923.9	100489	17.8045	367	1153.0	105785	134689	19.1572	417	1310.0	136572	173889	20.4206	467	1467.1	171287	218089	21.6102	268	841.95	56410.4	71824	16.3707	318	999.03	79422.6	101124	17.8326	368	1156.1	106362	135424	19.1833	418	1313.2	137228	174724	20.4450	468	1470.3	172021	219024	21.6333	269	845.09	56832.2	72361	16.4012	319	1002.2	79922.9	101761	17.8606	369	1159.2	106941	136161	19.2094	419	1316.3	137885	175561	20.4695	469	1473.4	172757	219961	21.6564	270	848.23	57255.5	72900	16.4317	320	1005.3	80424.8	102400	17.8885	370	1162.4	107521	136900	19.2354	420	1319.5	138544	176400	20.4939	470	1476.5	173494	220900	21.6795
271	851.37	57680.4	73441	16.4621	321	1008.5	80928.2	103041	17.9165	371	1165.5	108103	137641	19.2614	421	1322.6	139205	177241	20.5183	471	1479.7	174234	221841	21.7025	272	854.51	58106.9	73984	16.4924	322	1011.6	81433.2	103684	17.9444	372	1168.7	108687	138384	19.2873	422	1325.8	139867	178084	20.5426	472	1482.8	174974	222784	21.7256	273	857.65	58534.9	74529	16.5229	323	1014.7	81939.8	104329	17.9722	373	1171.8	109277	139129	19.3132	423	1328.9	140531	178929	20.5670	473	1486.0	175716	223729	21.7486	274	860.80	58964.6	75076	16.5529	324	1017.9	82448.0	104976	18.0000	374	1175.0	109858	139876	19.3391	424	1332.0	141196	179776	20.5913	474	1489.1	176460	224676	21.7715	275	863.94	59395.7	75625	16.5831	325	1021.0	82957.7	105625	18.0278	375	1178.1	110447	140625	19.3649	425	1335.2	141863	180625	20.6155	475	1492.3	177205	225625	21.7945	276	867.08	59828.5	76176	16.6132	326	1024.2	83468.0	106276	18.0555	376	1181.2	111036	141376	19.3907	426	1338.3	142531	181476	20.6398	476	1495.4	177952	226576	21.8174	277	870.22	60262.8	76729	16.6433	327	1027.3	83989.1	106929	18.0831	377	1184.4	111628	142129	19.4165	427	1341.5	143201	182329	20.6640	477	1498.5	178701	227529	21.8403	278	873.36	60698.7	77284	16.6733	328	1030.4	84496.3	107584	18.1108	378	1187.5	112221	142884	19.4422	428	1344.6	143872	183184	20.6882	478	1501.7	179451	228484	21.8632	279	876.50	61136.2	77841	16.7033	329	1033.6	85012.3	108241	18.1384	379	1190.7	112815	143641	19.4679	429	1347.7	144545	184041	20.7123	479	1504.8	180203	229441	21.8861	280	879.65	61575.2	78400	16.7332	330	1036.7	85529.9	108900	18.1659	380	1193.8	113411	144400	19.4936	430	1350.9	145220	184900	20.7364	480	1508.0	180956	230400	21.9089
281	882.79	62015.8	78961	16.7631	331	1039.9	86049.0	109561	18.1934	381	1196.9	114009	145161	19.5192	431	1354.0	145896	185761	20.7605	481	1511.1	181711	231361	21.9317	282	885.93	62458.0	79524	16.7929	332	1043.0	86569.7	110224	18.2209	382	1200.1	114608	145924	19.5448	432	1357.2	146574	186624	20.7846	482	1514.2	182467	232324	21.9545	283	889.07	62901.8	80069	16.8226	333	1046.2	87092.0	110889	18.2483	383	1203.2	115209	146689	19.5704	433	1360.3	147254	187489	20.8087	483	1517.4	183225	233289	21.9773	284	892.21	63347.1	80656	16.8523	334	1049.3	87615.9	111556	18.2757	384	1206.4	115812	147456	19.5959	434	1363.5	147934	188356	20.8327	484	1520.5	183984	234256	22.0000	285	895.35	63794.0	81225	16.8819	335	1052.4	88141.3	112225	18.3030	385	1209.5	116416	148225	19.6214	435	1366.6	148617	189225	20.8567	485	1523.7	184745	235225	22.0227	286	898.50	64242.4	81796	16.9115	336	1055.6	88668.3	112896	18.3303	386	1212.7	117021	148996	19.6469	436	1369.7	149301	190096	20.8806	486	1526.8	185508	236196	22.0454	287	901.64	64692.5	82369	16.9411																																																																																															

501...550					551...600					601...650					651...700					701...750									
d	$d \cdot x$	$\frac{d^2 \cdot x}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d	$d \cdot x$	$\frac{d^2 \cdot x}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d	$d \cdot x$	$\frac{d^2 \cdot x}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d	$d \cdot x$	$\frac{d^2 \cdot x}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d	$d \cdot x$	$\frac{d^2 \cdot x}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d	$d \cdot x$	$\frac{d^2 \cdot x}{4}$	n^2	\sqrt{n}
501	1573,9	197136	251001	22,3830	551	1731,0	238448	303601	23,4734	601	1888,1	283687	361201	24,5153	651	2045,2	332853	423801	25,5147	701	2202,3	385945	491401	26,4764	751	2205,4	387047	492804	26,4953
502	1577,1	197923	252004	22,4054	552	1734,2	239314	304704	23,4947	602	1891,2	284631	362404	24,5357	652	2048,3	333876	425104	25,5343	702	2205,4	387047	492804	26,4953	752	2208,5	388151	494209	26,5141
503	1580,2	198713	253009	22,4277	553	1737,3	240182	305809	23,5160	603	1894,4	285578	363609	24,5561	653	2051,5	334901	426409	25,5539	703	2211,7	389256	495616	26,5330	753	2211,7	389256	495616	26,5330
504	1583,4	199504	254016	22,4499	554	1740,4	241051	306916	23,5372	604	1897,5	286526	364816	24,5764	654	2054,6	335927	427116	25,5734	704	2214,8	390363	497025	26,5518	754	2214,8	390363	497025	26,5518
505	1586,5	200296	255025	22,4722	555	1743,6	241922	308025	23,5584	605	1900,7	287475	366025	24,5967	655	2057,7	336958	428225	25,5930	705	2218,0	391471	498436	26,5707	755	2218,0	391471	498436	26,5707
506	1589,6	201090	256036	22,4944	556	1746,7	242795	309136	23,5797	606	1903,8	288426	367236	24,6171	656	2060,9	337985	430336	25,6125	706	2221,1	392580	499847	26,5895	756	2221,1	392580	499847	26,5895
507	1592,8	201886	257049	22,5167	557	1749,9	243669	310249	23,6008	607	1906,9	289379	368449	24,6374	657	2064,0	339016	431649	25,6320	707	2224,2	393692	501254	26,6083	757	2224,2	393692	501254	26,6083
508	1595,9	202683	258064	22,5389	558	1753,0	244545	311364	23,6220	608	1910,1	290333	369664	24,6577	658	2067,2	340049	432864	25,6515	708	2227,3	394805	502661	26,6271	758	2227,3	394805	502661	26,6271
509	1599,1	203482	259081	22,5610	559	1756,2	245422	312481	23,6432	609	1913,2	291289	370881	24,6779	659	2070,3	341084	434281	25,6710	709	2230,5	395919	504100	26,6458	759	2230,5	395919	504100	26,6458
510	1602,2	204284	260100	22,5832	560	1759,3	246301	313600	23,6643	610	1916,4	292247	372100	24,6982	660	2073,5	342119	435600	25,6905	710	2233,7	397035	505521	26,6646	760	2233,7	397035	505521	26,6646
511	1605,4	205084	261121	22,6053	561	1762,4	247181	314721	23,6854	611	1919,5	293206	373321	24,7184	661	2076,6	343157	436821	25,7099	711	2236,8	398153	506944	26,6833	761	2236,8	398153	506944	26,6833
512	1608,5	205887	262144	22,6274	562	1765,6	248063	315844	23,7065	612	1922,7	294166	374544	24,7386	662	2079,7	344196	438044	25,7294	712	2240,0	399272	508369	26,7021	762	2240,0	399272	508369	26,7021
513	1611,6	206692	263169	22,6495	563	1768,7	248947	316969	23,7276	613	1925,8	295128	375769	24,7588	663	2082,9	345237	439569	25,7488	713	2243,1	400393	509796	26,7208	763	2243,1	400393	509796	26,7208
514	1614,8	207499	264196	22,6716	564	1771,9	249832	318096	23,7487	614	1928,9	296092	376996	24,7792	664	2086,0	346279	440896	25,7682	714	2246,2	401515	511225	26,7395	764	2246,2	401515	511225	26,7395
515	1617,9	208307	265225	22,6936	565	1775,0	250719	319225	23,7697	615	1932,1	297057	378225	24,7992	665	2089,2	347323	442025	25,7876	715	2249,4	402639	512666	26,7582	765	2249,4	402639	512666	26,7582
516	1621,1	209117	266256	22,7156	566	1778,1	251607	320356	23,7908	616	1935,2	298024	379456	24,8193	666	2092,3	348368	443566	25,8070	716	2252,5	403765	514089	26,7769	766	2252,5	403765	514089	26,7769
517	1624,2	209928	267289	22,7376	567	1781,3	252497	321489	23,8118	617	1938,4	298992	380689	24,8395	667	2095,4	349415	444889	25,8263	717	2255,7	404892	515524	26,7955	767	2255,7	404892	515524	26,7955
518	1627,3	210741	268324	22,7596	568	1784,4	253588	322624	23,8328	618	1941,5	299964	381924	24,8596	668	2098,6	350464	446224	25,8457	718	2258,8	406020	516961	26,8142	768	2258,8	406020	516961	26,8142
519	1630,5	211556	269361	22,7816	569	1787,6	254581	323761	23,8537	619	1944,6	300938	383161	24,8797	669	2101,7	351514	447561	25,8650	719	2261,9	407150	518400	26,8328	769	2261,9	407150	518400	26,8328
520	1633,6	212372	270400	22,8035	570	1790,7	255176	324900	23,8747	620	1947,8	301907	384400	24,8998	670	2104,9	352565	448900	25,8844	720	2265,1	408282	519841	26,8514	770	2265,1	408282	519841	26,8514
521	1636,8	213189	271441	22,8254	571	1793,8	256072	326041	23,8956	621	1950,9	302882	385641	24,9199	671	2108,0	353618	450241	25,9037	721	2268,2	409415	521284	26,8701	771	2268,2	409415	521284	26,8701
522	1639,9	214008	272484	22,8473	572	1797,0	256970	327184	23,9165	622	1954,1	303858	386884	24,9399	672	2111,2	354673	451584	25,9230	722	2271,4	410550	522729	26,8887	772	2271,4	410550	522729	26,8887
523	1643,1	214829	273529	22,8692	573	1800,1	257869	328329	23,9374	623	1957,2	304868	388129	24,9600	673	2114,3	355730	452929	25,9422	723	2274,5	411687	524176	26,9072	773	2274,5	411687	524176	26,9072
524	1646,2	215651	274576	22,8910	574	1803,3	258770	329476	23,9583	624	1960,4	305815	389376	24,9800	674	2117,4	356788	454276	25,9615	724	2277,7	412825	525625	26,9258	774	2277,7	412825	525625	26,9258
525	1649,3	216475	275625	22,9129	575	1806,4	259672	330625	23,9792	625	1963,5	306879	390625	25,0000	675	2120,6	357847	455625	25,9808	725	2280,8	413965	527076	26,9444	775	2280,8	413965	527076	26,9444
526	1652,5	217301	276676	22,9347	576	1809,6	260567	331776	24,0000	626	1966,6	307939	391876	25,0200	676	2123,7	358898	456976	26,0000	726	2283,9	415106	528529	26,9629	776	2283,9	415106	528529	26,9629
527	1655,6	218128	277729	22,9565	577	1812,7	261482	332929	24,0208	627	1969,8	308963	393129	25,0400	677	2126,9	359971	458329	26,0192	727	2287,1	416248	529984	26,9815	777	2287,1	416248	529984	26,9815
528	1658,8	218956	278784	22,9783	578	1815,8	262398	334084	24,0416	628	1972,9	309948	394384	25,0599	678	2130,0	361035	459684	26,0384	728	2290,2	417393	531441	27,0000	778	2290,2	417393	531441	27,0000
529	1661,9	219787	279841	23,0000	579	1819,0	263398	335241	24,0624	629	1976,1	310736	395641	25,0799	679	2133,1	362101	461041	26,0576	729	2293,4	418539	532900	27,0185	779	2293,4	418539	532900	27,0185
530	1665,0	220618	280900	23,0217	580	1822,1	264208	336400	24,0832	630	1979,2	311725	396900	25,0998	680	2136,3	363168	462400	26,0768	730	2296,6	419686	534361	27,0370	780	2296,6	419686	534361	27,0370</

751...800					801...850					851...900					901...950					951...1000									
d j n	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d j n	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d j n	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d j n	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d j n	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}	d j n	$d \cdot \pi$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	n^2	\sqrt{n}
751	2359.3	442965	564001	27.4044	801	2516.4	503912	641601	28.3019	851	2673.5	568786	724201	29.1719	901	2830.6	637587	811801	30.0167	951	2987.7	710315	904401	30.8383					
752	2362.5	444146	565504	27.4226	802	2519.6	505171	643204	28.3196	852	2676.6	570124	725904	29.1890	902	2833.7	639002	813604	30.0333	952	2990.8	711809	906304	30.8545					
753	2365.6	445328	567009	27.4408	803	2522.7	506432	644809	28.3373	853	2679.8	571463	727609	29.2062	903	2836.9	640420	815409	30.0500	953	2993.9	713306	908203	30.8707					
754	2368.8	446511	568516	27.4591	804	2525.8	507694	646416	28.3549	854	2682.9	572803	729316	29.2233	904	2840.0	641840	817216	30.0666	954	2997.1	714803	910163	30.8869					
755	2371.9	447697	570025	27.4773	805	2529.0	508958	648025	28.3725	855	2686.1	574146	731025	29.2404	905	2843.1	643261	819025	30.0832	955	3000.2	716303	912025	30.9031					
756	2375.0	448883	571536	27.4955	806	2532.1	510223	649636	28.3901	856	2689.2	575490	732736	29.2575	906	2846.3	644683	820836	30.0998	956	3003.3	717804	913936	30.9192					
757	2378.2	450072	573049	27.5136	807	2535.3	511490	651249	28.4077	857	2692.3	576835	734449	29.2746	907	2849.4	646107	822649	30.1164	957	3006.5	719306	915849	30.9354					
758	2381.3	451262	574564	27.5318	808	2538.4	512758	652864	28.4253	858	2695.5	578182	736164	29.2916	908	2852.6	647533	824464	30.1330	958	3009.6	720810	917643	30.9516					
759	2384.5	452453	576081	27.5500	809	2541.5	514028	654481	28.4429	859	2698.6	579530	737881	29.3087	909	2855.7	648960	826281	30.1496	959	3012.8	722316	919681	30.9677					
760	2387.6	453646	577600	27.5681	810	2544.7	515300	656100	28.4605	860	2701.8	580880	739600	29.3258	910	2858.8	650388	828100	30.1662	960	3015.9	723823	921600	30.9839					
761	2390.8	454841	579121	27.5862	811	2547.8	516573	657721	28.4781	861	2704.9	582232	741321	29.3428	911	2862.0	651818	829921	30.1828	961	3019.1	725332	923544	31.0000					
762	2393.9	456037	580644	27.6043	812	2551.0	517848	659344	28.4956	862	2708.1	583585	743044	29.3598	912	2865.1	653250	831744	30.1993	962	3022.2	726842	925444	31.0161					
763	2397.0	457234	582169	27.6225	813	2554.1	519124	660969	28.5132	863	2711.2	584940	744769	29.3769	913	2868.3	654684	833569	30.2159	963	3025.4	728354	927369	31.0322					
764	2400.2	458434	583696	27.6405	814	2557.3	520402	662596	28.5307	864	2714.3	586297	746496	29.3939	914	2871.4	656118	835396	30.2324	964	3028.5	729867	929296	31.0483					
765	2403.3	459635	585225	27.6586	815	2560.4	521681	664225	28.5482	865	2717.5	587655	748225	29.4109	915	2874.6	657555	837225	30.2490	965	3031.6	731382	931225	31.0644					
766	2406.5	460837	586756	27.6767	816	2563.5	522962	666856	28.5657	866	2720.6	589014	749956	29.4279	916	2877.7	658993	839056	30.2655	966	3034.8	732899	933156	31.0805					
767	2409.6	462041	588289	27.6948	817	2566.7	524245	667489	28.5832	867	2723.8	590375	751689	29.4449	917	2880.8	660433	840889	30.2820	967	3037.9	734417	935089	31.0966					
768	2412.7	463247	589824	27.7128	818	2569.8	525529	669124	28.6007	868	2726.9	591738	753424	29.4618	918	2884.0	661874	842724	30.2985	968	3041.1	735937	937024	31.1127					
769	2415.9	464454	591361	27.7308	819	2573.0	526814	670761	28.6182	869	2730.0	593102	755161	29.4788	919	2887.1	663317	844561	30.3150	969	3044.3	737458	938961	31.1288					
770	2419.0	465663	592900	27.7489	820	2576.1	528102	672400	28.6366	870	2733.2	594468	756900	29.4958	920	2890.3	664761	846400	30.3315	970	3047.5	738981	940900	31.1448					
771	2422.2	466873	594441	27.7669	821	2579.2	529391	674041	28.6531	871	2736.3	595835	758641	29.5127	921	2893.4	666207	848241	30.3480	971	3050.5	740506	942841	31.1609					
772	2425.3	468085	595984	27.7849	822	2582.4	530681	675684	28.6705	872	2739.5	597204	760384	29.5296	922	2896.5	667654	850084	30.3645	972	3053.6	742032	944784	31.1769					
773	2428.5	469298	597529	27.8029	823	2585.5	531973	677329	28.6880	873	2742.6	598945	762129	29.5466	923	2899.7	669103	851929	30.3809	973	3056.8	743559	946729	31.1929					
774	2431.6	470513	599076	27.8209	824	2588.7	533267	678976	28.7054	874	2745.8	599947	763876	29.5635	924	2902.8	670554	853776	30.3974	974	3059.9	745088	948676	31.2090					
775	2434.7	471730	600625	27.8388	825	2591.8	534562	680625	28.7228	875	2748.9	601320	765625	29.5804	925	2906.0	672006	855625	30.4138	975	3063.1	746619	950563	31.2250					
776	2437.9	472948	602176	27.8568	826	2595.0	535858	682276	28.7402	876	2752.0	602696	767376	29.5973	926	2909.1	673460	857476	30.4302	976	3066.2	748151	952563	31.2410					
777	2441.0	474168	603729	27.8747	827	2598.1	537157	683929	28.7576	877	2755.2	604073	769129	29.6142	927	2912.3	674945	859349	30.4467	977	3069.3	749685	954529	31.2570					
778	2444.2	475389	605284	27.8927	828	2601.2	538456	685842	28.7750	878	2758.3	605451	770884	29.6311	928	2915.4	676372	861184	30.4631	978	3072.5	751221	956484	31.2730					
779	2447.3	476612	606841	27.9106	829	2604.4	539758	687241	28.7924	879	2761.5	606831	772641	29.6479	929	2918.5	677831	863041	30.4795	979	3075.6	752758	958441	31.2890					
780	2450.4	477836	608400	27.9285	830	2607.5	541061	688900	28.8097	880	2764.6	608212	774400	29.6648	930	2921.7	679291	864900	30.4959	980	3078.8	754296	960400	31.3050					
781	2453.6	479062	609961	27.9464	831	2610.7	542365	690561	28.8271	881	2767.7	609595	776161	29.6816	931	2924.8	680752	866761	30.5123	981	3081.9	755837	962361	31.3209					
782	2456.7	480290	611524	27.9643	832	2613.8	543671	692224	28.8444	882	2770.9	610980	777924	29.6985	932	2928.0	682216	868624	30.5287	982	3085.0	757378	964324	31.3369					
783	2459.9	481519	613089	27.9821	833	2616.9	544979	693889	28.8617	883	2774.0	612366	779689	29.7153	933	2931.1	683680	870489	30.5450	983	3088.2	758922	966289	31.3528					
784	2463.0	482750	614656	28.0000	834	2620.0	546288	695556	28.8791	884	2777.2	613754	781456	29.7321	934	2934.2	685147	872356	30.5614	984	3091.3	760466	968253	31.3688					
785	2466.2	483982	616225	28.0179	835	2623.2	547599	697225	28.8964	885	2780.3	615143	783325	29.7489	935	2937.4	686615	874225	30.5778	985	3094.5	762013	970253	31.3847					
786	2469.3	485216	617796	28.0357	836	2626.4	548912	698896	28.9137	886	2783.5	616534	784996	29.7658	936</														

tan 0...tan 45°											tan 45...tan 90°										
min. grd.		0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'			min. grd.		0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'		
0	0.0000	0.0029	0.0058	0.0087	0.0116	0.0145	0.0175	0.0204	89	45	1.0000	1.0058	1.0117	1.0176	1.0235	1.0295	1.0355	44			
1	0.0175	0.0204	0.0233	0.0262	0.0291	0.0320	0.0349	0.0378	88	46	1.0355	1.0416	1.0477	1.0538	1.0599	1.0661	1.0724	43			
2	0.0349	0.0378	0.0407	0.0437	0.0466	0.0495	0.0524	0.0553	87	47	1.0724	1.0786	1.0847	1.0909	1.0971	1.1041	1.1106	42			
3	0.0524	0.0553	0.0582	0.0612	0.0641	0.0670	0.0699	0.0728	86	48	1.1106	1.1171	1.1237	1.1303	1.1369	1.1436	1.1504	41			
4	0.0699	0.0729	0.0758	0.0787	0.0816	0.0846	0.0875	0.0904	85	49	1.1504	1.1571	1.1640	1.1708	1.1778	1.1847	1.1918	40			
5	0.0875	0.0904	0.0934	0.0963	0.0992	0.1022	0.1051	0.1080	84	50	1.1918	1.1988	1.2059	1.2131	1.2203	1.2276	1.2349	39			
6	0.1051	0.1080	0.1110	0.1139	0.1169	0.1198	0.1228	0.1257	83	51	1.2349	1.2423	1.2497	1.2572	1.2647	1.2723	1.2799	38			
7	0.1228	0.1257	0.1287	0.1317	0.1346	0.1376	0.1405	0.1435	82	52	1.2799	1.2876	1.2954	1.3032	1.3111	1.3190	1.3270	37			
8	0.1405	0.1435	0.1465	0.1495	0.1524	0.1554	0.1584	0.1614	81	53	1.3270	1.3351	1.3432	1.3514	1.3597	1.3680	1.3764	36			
9	0.1584	0.1614	0.1644	0.1673	0.1703	0.1733	0.1763		80	54	1.3764	1.3848	1.3934	1.4019	1.4106	1.4193	1.4281	35			
10	0.1763	0.1793	0.1823	0.1853	0.1883	0.1914	0.1944		79	55	1.4281	1.4370	1.4460	1.4550	1.4641	1.4733	1.4826	34			
11	0.1944	0.1974	0.2004	0.2035	0.2065	0.2095	0.2126		78	56	1.4826	1.4919	1.5013	1.5108	1.5204	1.5301	1.5399	33			
12	0.2126	0.2156	0.2186	0.2217	0.2247	0.2278	0.2309		77	57	1.5399	1.5497	1.5597	1.5697	1.5798	1.5900	1.6003	32			
13	0.2309	0.2339	0.2370	0.2401	0.2432	0.2462	0.2493		76	58	1.6003	1.6107	1.6213	1.6318	1.6426	1.6534	1.6643	31			
14	0.2493	0.2524	0.2555	0.2586	0.2617	0.2648	0.2679		75	59	1.6643	1.6753	1.6864	1.6977	1.7090	1.7205	1.7321	30			
15	0.2679	0.2711	0.2742	0.2773	0.2805	0.2836	0.2867		74	60	1.7321	1.7438	1.7556	1.7675	1.7796	1.7917	1.8041	29			
16	0.2867	0.2899	0.2931	0.2962	0.2994	0.3026	0.3057		73	61	1.8041	1.8165	1.8291	1.8418	1.8546	1.8676	1.8807	28			
17	0.3057	0.3089	0.3121	0.3153	0.3185	0.3217	0.3249		72	62	1.8807	1.8940	1.9074	1.9210	1.9347	1.9486	1.9626	27			
18	0.3249	0.3281	0.3314	0.3346	0.3378	0.3411	0.3443		71	63	1.9626	1.9768	1.9912	2.0057	2.0204	2.0353	2.0503	26			
19	0.3443	0.3476	0.3508	0.3541	0.3574	0.3607	0.3640		70	64	2.0503	2.0655	2.0809	2.0965	2.1123	2.1283	2.1445	25			
20	0.3640	0.3673	0.3706	0.3739	0.3772	0.3805	0.3839		69	65	2.1445	2.1609	2.1775	2.1943	2.2113	2.2286	2.2460	24			
21	0.3839	0.3872	0.3906	0.3939	0.3973	0.4006	0.4040		68	66	2.2460	2.2637	2.2817	2.2998	2.3183	2.3369	2.3558	23			
22	0.4040	0.4074	0.4108	0.4142	0.4176	0.4210	0.4245		67	67	2.3559	2.3750	2.3945	2.4142	2.4342	2.4545	2.4751	22			
23	0.4245	0.4279	0.4314	0.4348	0.4383	0.4417	0.4452		66	68	2.4511	2.4960	2.5172	2.5387	2.5605	2.5826	2.6051	21			
24	0.4452	0.4487	0.4522	0.4557	0.4592	0.4628	0.4663		65	69	2.6051	2.6279	2.6511	2.6746	2.6985	2.7228	2.7475	20			
25	0.4663	0.4699	0.4734	0.4770	0.4806	0.4841	0.4877		64	70	2.7475	2.7725	2.7980	2.8239	2.8502	2.8770	2.9042	19			
26	0.4877	0.4913	0.4950	0.4986	0.5022	0.5059	0.5095		63	71	2.9042	2.9319	2.9600	2.9887	3.0178	3.0475	3.0777	18			
27	0.5095	0.5132	0.5169	0.5206	0.5243	0.5280	0.5317		62	72	3.0777	3.1084	3.1397	3.1716	3.2041	3.2371	3.2709	17			
28	0.5317	0.5354	0.5392	0.5430	0.5467	0.5505	0.5543		61	73	3.2709	3.3052	3.3402	3.3759	3.4124	3.4495	3.4874	16			
29	0.5543	0.5581	0.5619	0.5658	0.5696	0.5735	0.5774		60	74	3.4874	3.5261	3.5656	3.6059	3.6470	3.6891	3.7321	15			
30	0.5774	0.5812	0.5851	0.5890	0.5930	0.5969	0.6009		59	75	3.7321	3.7760	3.8208	3.8667	3.9136	3.9617	4.0108	14			
31	0.6009	0.6048	0.6088	0.6128	0.6168	0.6208	0.6249		58	76	4.0108	4.0611	4.1126	4.1653	4.2193	4.2747	4.3315	13			
32	0.6249	0.6289	0.6330	0.6371	0.6412	0.6453	0.6494		57	77	4.3315	4.3839	4.4494	4.5107	4.5736	4.6383	4.7046	12			
33	0.6494	0.6536	0.6577	0.6619	0.6661	0.6703	0.6745		56	78	4.7046	4.7729	4.8430	4.9152	4.9894	5.0658	5.1446	11			
34	0.6745	0.6787	0.6830	0.6873	0.6916	0.6959	0.7002		55	79	5.1446	5.2257	5.3093	5.3955	5.4845	5.5764	5.6713	10			
35	0.7002	0.7046	0.7089	0.7133	0.7177	0.7221	0.7265		54	80	5.6713	5.7694	5.8708	5.9758	6.0844	6.1970	6.3138	9			
36	0.7265	0.7310	0.7355	0.7400	0.7445	0.7490	0.7536		53	81	6.3138	6.4248	6.5605	6.6912	6.8269	6.9682	7.1154	8			
37	0.7536	0.7581	0.7627	0.7673	0.7720	0.7766	0.7813		52	82	7.1154	7.2687	7.4287	7.5958	7.7704	7.9530	8.1444	7			
38	0.7813	0.7860	0.7907	0.7954	0.8002	0.8050	0.8098		51	83	8.1444	8.3450	8.5566	8.7769	9.0098	9.2553	9.5144	6			
39	0.8098	0.8146	0.8195	0.8243	0.8292	0.8342	0.8391		50	84	9.5144	9.7882	10.0780	10.3854	10.7019	11.0594	11.4307	5			
40	0.8391	0.8441	0.8491	0.8541	0.8591	0.8642	0.8693		49	85	11.4307	11.8262	12.2505	12.7062	13.1969	13.7267	14.3007	4			
41	0.8693	0.8744	0.8796	0.8847	0.8899	0.8952	0.9004		48	86	14.3007	14.9244	15.6048	16.3409	17.1693	18.0811	19.0811	3			
42	0.9004	0.9057	0.9110	0.9163	0.9217	0.9271	0.9325		47	87	19.0811	20.2056	21.4704	22.9038	24.5418	26.4316	28.6363	2			
43	0.9325	0.9380	0.9435	0.9490	0.9545	0.9601	0.9657		46	88	28.6363	31.2416	34.3678	38.1885	42.9641	49.1039	57.2900	1			
44	0.9657	0.9713	0.9770	0.9827	0.9884	0.9942	1.0000		45	89	57.2900	68.7501	85.9398	114.5887	171.885	343.774	∞	0			
cot 45...cot 90°											cot 0...cot 45°										

sin 0... sin 45°										sin 45... sin 90°									
min. grd.		0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'		min. grd.		0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0	0.0000	0.0029	0.0058	0.0087	0.0116	0.0145	0.0175	0.0204	89	45	0.7071	0.7092	0.7112	0.7133	0.7153	0.7173	0.7193	0.7214	44
1	0.0175	0.0204	0.0233	0.0262	0.0291	0.0320	0.0349	0.0378	88	46	0.7193	0.7214	0.7234	0.7254	0.7274	0.7294	0.7314	0.7334	43
2	0.0349	0.0378	0.0407	0.0436	0.0465	0.0494	0.0523	0.0552	87	47	0.7314	0.7334	0.7353	0.7373	0.7392	0.7412	0.7431	0.7451	42
3	0.0523	0.0552	0.0581	0.0610	0.0640	0.0669	0.0698	0.0727	86	48	0.7431	0.7451	0.7470	0.7490	0.7509	0.7528	0.7547	0.7566	41
4	0.0698	0.0727	0.0756	0.0785	0.0814	0.0843	0.0872	0.0901	85	49	0.7547	0.7566	0.7585	0.7604	0.7623	0.7642	0.7660	0.7679	40
5	0.0872	0.0901	0.0929	0.0958	0.0987	0.1016	0.1045	0.1074	84	50	0.7660	0.7679	0.7698	0.7716	0.7735	0.7753	0.7771	0.7789	39
6	0.1045	0.1074	0.1103	0.1132	0.1161	0.1190	0.1219	0.1248	83	51	0.7771	0.7790	0.7808	0.7826	0.7844	0.7862	0.7880	0.7898	38
7	0.1219	0.1248	0.1276	0.1305	0.1334	0.1363	0.1392	0.1421	82	52	0.7880	0.7898	0.7916	0.7934	0.7951	0.7969	0.7986	0.7996	37
8	0.1392	0.1421	0.1449	0.1478	0.1507	0.1536	0.1564	0.1593	81	53	0.7986	0.8004	0.8021	0.8039	0.8056	0.8073	0.8090	0.8090	36
9	0.1564	0.1593	0.1622	0.1650	0.1679	0.1708	0.1736		80	54	0.8090	0.8107	0.8124	0.8141	0.8158	0.8175	0.8192	0.8192	35
10	0.1736	0.1765	0.1794	0.1822	0.1851	0.1880	0.1908		79	55	0.8192	0.8208	0.8225	0.8241	0.8258	0.8274	0.8290	0.8307	34
11	0.1908	0.1937	0.1965	0.1994	0.2022	0.2051	0.2079		78	56	0.8290	0.8307	0.8323	0.8339	0.8355	0.8371	0.8387	0.8393	33
12	0.2079	0.2108	0.2136	0.2164	0.2193	0.2221	0.2250		77	57	0.8387	0.8403	0.8418	0.8434	0.8449	0.8465	0.8480	0.8480	32
13	0.2250	0.2278	0.2306	0.2334	0.2363	0.2391	0.2419		76	58	0.8480	0.8496	0.8511	0.8526	0.8542	0.8557	0.8572	0.8572	31
14	0.2419	0.2447	0.2476	0.2504	0.2532	0.2560	0.2588		75	59	0.8572	0.8587	0.8601	0.8616	0.8631	0.8646	0.8660	0.8660	30
15	0.2588	0.2616	0.2644	0.2672	0.2700	0.2728	0.2756		74	60	0.8660	0.8675	0.8689	0.8704	0.8718	0.8732	0.8746	0.8746	29
16	0.2756	0.2784	0.2812	0.2840	0.2868	0.2896	0.2924		73	61	0.8746	0.8760	0.8774	0.8788	0.8802	0.8816	0.8829	0.8829	28
17	0.2924	0.2952	0.2979	0.3007	0.3035	0.3062	0.3090		72	62	0.8829	0.8843	0.8857	0.8870	0.8884	0.8897	0.8910	0.8910	27
18	0.3090	0.3118	0.3145	0.3172	0.3201	0.3228	0.3256		71	63	0.8910	0.8923	0.8936	0.8949	0.8962	0.8975	0.8988	0.8988	26
19	0.3256	0.3283	0.3311	0.3338	0.3365	0.3393	0.3420		70	64	0.8988	0.9001	0.9013	0.9026	0.9038	0.9051	0.9063	0.9063	25
20	0.3420	0.3448	0.3475	0.3502	0.3529	0.3557	0.3584		69	65	0.9063	0.9075	0.9088	0.9100	0.9112	0.9124	0.9135	0.9135	24
21	0.3584	0.3611	0.3638	0.3665	0.3692	0.3719	0.3746		68	66	0.9135	0.9147	0.9159	0.9171	0.9182	0.9194	0.9205	0.9205	23
22	0.3746	0.3773	0.3800	0.3827	0.3854	0.3881	0.3907		67	67	0.9205	0.9216	0.9228	0.9239	0.9250	0.9261	0.9272	0.9272	22
23	0.3907	0.3934	0.3961	0.3987	0.4014	0.4041	0.4067		66	68	0.9272	0.9283	0.9293	0.9304	0.9315	0.9325	0.9336	0.9336	21
24	0.4067	0.4094	0.4120	0.4147	0.4173	0.4200	0.4226		65	69	0.9336	0.9346	0.9356	0.9367	0.9377	0.9387	0.9397	0.9397	20
25	0.4226	0.4253	0.4279	0.4305	0.4331	0.4358	0.4384		64	70	0.9397	0.9407	0.9417	0.9426	0.9436	0.9446	0.9455	0.9455	19
26	0.4384	0.4410	0.4436	0.4461	0.4488	0.4514	0.4540		63	71	0.9455	0.9465	0.9474	0.9483	0.9492	0.9502	0.9511	0.9511	18
27	0.4540	0.4566	0.4592	0.4617	0.4643	0.4669	0.4695		62	72	0.9511	0.9520	0.9528	0.9537	0.9546	0.9555	0.9563	0.9563	17
28	0.4695	0.4720	0.4746	0.4772	0.4797	0.4823	0.4848		61	73	0.9563	0.9572	0.9580	0.9588	0.9596	0.9605	0.9613	0.9613	16
29	0.4848	0.4874	0.4899	0.4924	0.4950	0.4975	0.5000		60	74	0.9613	0.9621	0.9628	0.9636	0.9644	0.9652	0.9659	0.9659	15
30	0.5000	0.5025	0.5050	0.5075	0.5100	0.5125	0.5150		59	75	0.9659	0.9667	0.9674	0.9681	0.9689	0.9696	0.9703	0.9703	14
31	0.5150	0.5175	0.5200	0.5225	0.5250	0.5275	0.5299		58	76	0.9703	0.9710	0.9717	0.9724	0.9730	0.9737	0.9744	0.9744	13
32	0.5348	0.5373	0.5398	0.5423	0.5448	0.5472	0.5496		57	77	0.9744	0.9750	0.9757	0.9763	0.9769	0.9775	0.9781	0.9781	12
33	0.5546	0.5571	0.5595	0.5619	0.5644	0.5668	0.5692		56	78	0.9781	0.9787	0.9793	0.9799	0.9805	0.9811	0.9816	0.9816	11
34	0.5736	0.5760	0.5783	0.5807	0.5831	0.5854	0.5878		55	79	0.9816	0.9822	0.9827	0.9833	0.9838	0.9843	0.9848	0.9848	10
35	0.5931	0.5954	0.5977	0.5999	0.6021	0.6043	0.6065		54	80	0.9848	0.9853	0.9858	0.9863	0.9868	0.9872	0.9877	0.9877	9
36	0.6118	0.6141	0.6163	0.6185	0.6206	0.6227	0.6248		53	81	0.9877	0.9881	0.9886	0.9890	0.9894	0.9898	0.9902	0.9902	8
37	0.6303	0.6325	0.6346	0.6367	0.6388	0.6408	0.6428		52	82	0.9903	0.9907	0.9911	0.9914	0.9918	0.9922	0.9925	0.9925	7
38	0.6488	0.6509	0.6529	0.6549	0.6568	0.6587	0.6606		51	83	0.9925	0.9929	0.9932	0.9936	0.9939	0.9942	0.9945	0.9945	6
39	0.6673	0.6693	0.6712	0.6731	0.6750	0.6768	0.6786		50	84	0.9945	0.9948	0.9951	0.9954	0.9957	0.9959	0.9962	0.9962	5
40	0.6858	0.6877	0.6895	0.6913	0.6931	0.6948	0.6965		49	85	0.9965	0.9967	0.9969	0.9971	0.9973	0.9975	0.9976	0.9976	4
41	0.7043	0.7061	0.7078	0.7095	0.7111	0.7127	0.7143		48	86	0.9978	0.9978	0.9978	0.9978	0.9978	0.9978	0.9978	0.9978	3
42	0.7228	0.7245	0.7261	0.7277	0.7292	0.7307	0.7322		47	87	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986	2
43	0.7413	0.7429	0.7444	0.7459	0.7474	0.7488	0.7502		46	88	0.9994	0.9995	0.9996	0.9996	0.9997	0.9997	0.9998	0.9998	1
44	0.7598	0.7613	0.7627	0.7641	0.7655	0.7668	0.7681		45	89	0.99985	0.99989	0.99993	0.99996	0.99998	0.99999	1.0000	1.0000	0
cos 45... cos 90°										cos 0... cos 45°									
min. grd.		60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'		min. grd.		60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	

